

**Sistemas agroflorestais de sucessão:
regresso ao passado que nunca existiu.
Estudo de caso, em Portugal**

Francisco Gouveia Tavares Pinto

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientadores: Professora Doutora Maria Odete Pereira Torres

Mestre Alfredo Cunhal Sendim

Júri:

Presidente: Doutora Maria do Rosário Conceição Cameira, Professora
Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutora Maria Odete Pereira Torres, Professora Auxiliar do Instituto Superior
de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Joana Amaral Paulo, Professora Auxiliar do Instituto Superior de
Agronomia da Universidade de Lisboa

2020

AGRADECIMENTOS

Este estudo não seria possível sem a conjugação de múltiplos fatores, entre os quais as relações pessoais desenvolvidas no decurso da sua elaboração.

À Professora Doutora Maria Odete Torres, agradeço o incentivo para a elaboração desta dissertação de mestrado, incidindo sobre um modelo agroflorestal recentemente iniciado e, logo, muito distante da maturidade, disponibilizando-me material bibliográfico especializado.

Ao Mestre Alfredo Cunhal Sendim, agradeço a confiança que me permitiu, enquanto recém-licenciado, não só acompanhar a experiência agroflorestal na sua Herdade do Freixo do Meio como adquirir uma mais profunda aprendizagem agrícola e humana.

Aos professores António Mexia, para mim uma inspiração, e Joana Amaral Paulo, pela dedicação a um tema que me é tão querido.

Aos Amigos Martim, Nuno, Felipe, Ailton, Francisco, Joana, João, Gonçalo... agradeço terem-me ouvido, comigo conversado e partilhado experiências.

Quanto aos meus pais, tios Gó e João, e demais família, sabem bem porque aqui os menciono e lhes agradeço.

RAZÕES DE ESCOLHA DO TEMA

'Sit for a few minutes in front of a plant or tree.

*Remind yourself that you are inhaling what the tree is exhaling,
and exhaling what the tree is inhaling'*

Sadhguru

In «Inner engineering: A Yogi's guide to joy», New York, 2016, p.76.

Escolhi o Curso de Agronomia no ano letivo de 2013/14, depois de terminar o ensino secundário. Na minha família e na minha roda de amigos não havia licenciados nesta área científica, pelo que a entrada no Instituto Superior de Agronomia não foi o resultado de uma opção muito trabalhada interiormente no seio familiar ou de amizades. Tinha apetência pela biologia e pelo conhecimento do ser humano, em particular os seus comportamentos culturais. Na minha juventude deslocava-me com regularidade a uma quinta de família, no Douro, e cedo me habituei a acompanhar as atividades rurais. Sentia que o contacto com a natureza me era agradável e pacificador. Sem particulares angústias, mas sem muita convicção no percurso universitário, a agronomia apareceu-me como caminho de formação superior.

Estava longe de imaginar o que me esperava ao longo do curso. E deixei-me surpreender.

Confesso, porém, que, nos três anos de licenciatura, fui, não raras vezes, invadido por uma sensação de desarmonia das matérias dadas nas disciplinas. Maioritariamente interessantes, e embora em algumas delas conseguisse ver o conjunto da realidade; noutras, porém, as matérias apareciam-me desgarradas, em fragmentos, que me impediam de compreender, como desejava, a atividade de um agrónomo na sua relação com a envolvente natural e humana.

Comecei, então, a procurar outras formas de pensar e de trabalhar os conteúdos que, na minha cabeça, fizessem sentido. Assim cheguei a perspectivas mais holísticas de produção, já no quadro do Curso de Mestrado em Agronomia, sem especialização, iniciado no ano letivo de 2017/18.

Num primeiro momento, a minha atenção virou-se para a agricultura biológica, tendo frequentado a disciplina de agricultura orgânica, no âmbito do intercâmbio universitário que me levou à *Universidad de Chile*, em Santiago do Chile.

Mais tarde, frequentei um curso sobre permacultura numa ambiência de comunhão com a natureza (*Curso de Design em Permacultura, na Aldeia do Vale, Mafra*) que me marcou de uma forma especial, não tanto pela novidade das matérias, mas mais pela forma como se transmitiu, de um lado, o cuidado que se deve ter com os ciclos de vida da fauna e da flora e, de outro, a importância do fecho dos ciclos energéticos, de modo a que não haja desperdícios.

Finalmente, em outubro de 2018, inscrevi-me no curso de agricultura sintrópica, lecionado pelo criador do conceito de agricultura sintrópica, Ernst Götsch, pessoa que conheci numa conferência promovida pela Universidade Católica Portuguesa, no ano anterior, e que muito me entusiasmou. Este curso teve lugar na Herdade do Freixo do Meio e foi para mim um momento em que senti que ali se encontrava aquilo que andava à procura. Tenho de confessar que os conteúdos do curso e o modo como foram transmitidos deram uma particular motivação a tudo quanto tinha até aí aprendido e incutiram-me o desejo de ainda aprender mais.

Com efeito, senti que a minha motivação para aprender aumentara, porque Ernst Götsch me fez ver que o todo só faz sentido quando as partes se juntam e interagem, e que a aprendizagem é contínua, porque as partes não só se juntam como evoluem num fluxo que se vai adaptando às circunstâncias envolventes. Por outras palavras, embora o fluxo de interpenetrações das partes seja igual, a realidade com que nos confrontamos em resultado dessas interpenetrações é sempre diferente e exige uma permanente atualização da aprendizagem.

Entusiasmei-me, pois, com Ernst Götsch e a sua agricultura sintrópica. Com entusiasmo criou-se energia disponível e vontade de ser, bem como vontade de partilhar e continuar a experienciar.

Verifiquei que a agronomia e a agricultura não são atrativas para mim sem a minha inclusão nelas, através da paixão e envolvimento criativa. Significa isto que se formos inteiros e íntegros no entendimento e melhoria de processos de vida, poderemos sentir-nos mais úteis, e, no fluxo energético, desempenharmos melhor o nosso papel na sociedade.

Em suma, e já com distância perante o curso que frequentei e tanto me entusiasmou, o que pretendo é que o que possa vir a fazer no futuro seja bem recebido e aceite pelo ecossistema em que me integro socialmente. Desde logo, e em concreto, pretendo que a produção de alimentos possa incluir no seu percurso a perspetiva de Ernst Götsch e da sua agricultura sintrópica, abandonando a convencional ideia de combate a infestantes, a pragas, a doenças..., podendo estes ser vistos não como realidades

negativas, mas como agentes de fiscalização que alertam para eventuais erros ou deficiências de compreensão e avaliação dos ciclos de vida.

RESUMO

Os diferentes sistemas agroflorestais espalham-se um pouco por toda a Europa e apresentam características que os tornam singulares. A conexão entre agricultura e floresta é necessária num mundo de recursos finitos, sendo de realçar o serviço ecológico que estes sistemas prestam. As múltiplas interações produzidas no interior de um sistema agroflorestal promovem maior biodiversidade que, por sua vez, promove o desenvolvimento do sistema agroflorestal. Este efeito é conseguido, sobretudo, através da melhoria das condições do solo.

Há ainda outros sistemas agroflorestais desenvolvidos um pouco por todo o mundo. Sistemas com maior complexidade têm vindo a demonstrar que, para além do serviço ecológico, contribuem para uma forma de vida digna, cumprindo requisitos económicos. Exemplo disso pode ver-se em alguns sistemas agroflorestais tropicais abordados, como os da Bolívia ou o do Havaí.

O sistema agroflorestal de sucessão, analisado em maior detalhe, surge como uma forma de agrofloresta complexa que, através do entendimento dos ritmos da natureza e seu acompanhamento atento, potencia recursos. Trata-se de uma forma de fazer agricultura que, objetivamente, tende a trazer benefícios com o decurso do tempo, desde logo o retorno económico no médio/longo prazo. Tendo presente os pressupostos e ideias motoras para a agrofloresta de sucessão, delineados por Ernst Götsch, lança-se à Europa a proposta de os compreender e pôr em prática, a fim de usufruir dos seus potenciais benefícios.

Na Herdade do Freixo do Meio, foi iniciada, em março de 2018, uma experiência de sistema agroflorestal de sucessão. Caracterizaram-se as primeiras etapas de execução deste projeto num antigo olival tradicional, e foram recolhidos dados, que poderão servir de base a um estudo mais detalhado e extensivo, ao longo do tempo, que permitirá aclarar as possibilidades, os benefícios concretos e as limitações deste sistema agroflorestal de sucessão em contexto europeu.

Palavras-chave: Serviço ecológico, Agrofloresta de sucessão, Europa, Ernst Götsch

ABSTRACT

The different agroforestry systems are spread across Europe and show characteristics that make them unique. The connection between agriculture and forest is necessary in a world of finite resources, highlighting the provision of ecological services in this type of systems. The multiple interactions of an agroforestry system promote greater biodiversity which in turn promotes the development of the agroforestry system. This effect is achieved, above all, by improving soil conditions.

There are still other agroforestry systems developed all over the world. Systems with greater complexity have shown that, in addition to ecological service, they contribute to a dignified way of life fulfilling economic requirements. Examples can be seen in some tropical agroforestry systems addressed, such as those in Bolivia or Hawaii.

Successional agroforestry system, addressed in greater detail, appears as a complex form of agroforestry, that through the understanding of the cycles of nature and its attentive monitoring, enhances resources. It is a way of farming that, objectively, will bring benefits over time, with economic return in the medium/long term. Bearing in mind the, outlined by Ernst Götsch, assumptions and driving ideas for successional agroforestry, Europe is proposed to understand and put them into practice in order to achieve its potential benefits.

In Herdade do Freixo do Meio, a successional agroforestry system experiment started in March 2018. The first stages of execution of this project were characterized in an old traditional olive grove and data were collected that could serve as a basis for a more detailed and extensive study, over time, which will clarify the possibilities, the concrete benefits and the limitations of successional agroforestry system in an European context.

Key words: Ecological service, Successional agroforestry, Europe, Ernst Götsch

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	ii
Razões de escolha do tema	iii
Resumo	vi
Abstract	vii
Índice	viii
Índice de figuras	xi
Índice de quadros	xiii
Lista de abreviaturas	xiv
Lista de símbolos	xv

1.INTRODUÇÃO

1.1. O conceito de agrofloresta e sua instalação na Europa. Visão geral.....	1
1.2. Agrofloresta como serviço ecológico e como suporte de uma economia real.	1
1.3. Da agricultura de rápido retorno à agrofloresta de médio/longo retorno.	2
1.4. Estudo de caso: a Herdade do Freixo do Meio.	2
1.5. Uma específica modalidade de agrofloresta: a agrofloresta de sucessão.	2
1.6. Interrogações sobre as virtualidades da agrofloresta de sucessão.....	3
1.7. Uma primeira abordagem com vista a futuras respostas.	3

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistemas agroflorestais	4
2.1.1. Extensão, contexto e diversidade e componentes de base na Europa..	4
2.1.1.1. Agrofloresta arável	6
2.1.1.2. Agrofloresta com pecuária	8
2.1.1.3. Agrofloresta com árvores de elevado valor	9
2.1.1.4. Agrofloresta de alto valor natural e cultural	10
2.1.2. Aspectos gerais da agrofloresta tropical	12
2.1.2.1. Cultura do cafeeiro sombreado (Havai)	12
2.1.2.2. Floresta tropical (<i>rain forest</i> , Indonésia)	14

2.1.2.3. Agroflorestas complexas (Bolívia e Brasil).....	16
Bolívia	16
Brasil	20
2.2. Pressupostos e ideias motoras da agrofloresta de sucessão.	22
2.2.1. Ideias motoras da agrofloresta de sucessão.	24
2.3. Potenciais benefícios da agrofloresta de sucessão na Europa.....	34
2.3.1. Em pequena escala	35
2.3.2. Em escala ambiental	35

3.MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experiência portuguesa na Herdade do Freixo do Meio. Sua caracterização.....	37
3.2. Caracterização geral da região	38
3.2.1. Caracterização climática	39
3.2.2. Caracterização da vegetação e do solo.....	41
3.3. Principais etapas da construção da agrofloresta de sucessão	43
3.3.1. Enriquecimento do projeto agroflorestal do Olival do Forno	43
3.3.1.1. Antecedentes culturais: percurso breve.....	44
3.3.1.2. Primeira fase: criação e <i>design</i> do consórcio de espécies ...	45
Linhas de oliveira (de sequeiro)	45
Linhas de hortícolas (de regadio).....	48
3.3.1.3. Segunda fase: plantação	50
3.3.1.4. Terceira fase: acompanhamento da evolução e intervenções (poda e replantação)	51
Caracterização de uma específica linha de regadio.....	55
Caracterização de uma específica linha de sequeiro.....	58
3.5. Recolha de amostras de solo.....	60

4.RESULTADOS

4.1. Enunciação dos resultados	62
--------------------------------------	----

4.1.1. Análises de solo	62
4.1.2. Temperatura e precipitação	64
4.1.3. Necessidades hídricas.....	65
4.1.4. Rega e sua quantificação	66
4.1.5. Mão de obra	67
4.1.6. <i>Inputs</i> externos	68
4.1.7. Benefícios duradouros ou ecológicos	68
4.2. Apreciação do agricultor	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
7. ANEXOS	78
7.1. Anexo nº1	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Extensão total de agrofloresta, a verde, na Europa baseado em LUCAS data. (Fonte: den Herder et al. 2016)	5
Figura 2 Choupos plantados em linha, contíguos ao campo de cereais no nordeste de Itália (Fonte: den Herder et al. 2015)	8
Figura 3 Cerejeiras (<i>Prunus avium</i>) em combinação com vegetais numa quinta orgânica no noroeste da Suíça (Fonte: den Herder et al. 2015)	9
Figura 4 Cabras a pastar num montado em Portugal (Fonte: den Herder et al. 2015)..	12
Figura 5 Exemplo demonstrativo, de perfil, de uma agrofloresta criada por Ernst Götsch (Fonte: Pasini, 2017).	22
Figura 6 Dinâmicas sucessionais (Fonte: Silva, 2002).	28
Figura 7 Exemplo de espécies enquadradas nos seus ciclos de vida, para clima temperado (Schulz, 2016)	29
Figura 8 Influência da poda ou eliminação dos indivíduos maduros, no crescimento do sistema (Fonte: Pasini, 2017).	35
Figura 9 A Herdade do Freixo do Meio e correspondentes limites (Fonte: Rosa, 2017).	39
Figura 10 Valores da precipitação média mensal num período de 30 anos, entre 1976 e 2006, da estação meteorológica de Évora (Fonte: Teixeira, 2016).	40
Figura 11 Temperaturas mínimas, máximas e médias diárias (médias mensais) num período de 30 anos, entre 1976 e 2006, da estação meteorológica de Évora (Fonte: Teixeira, 2016).	41
Figura 12 Imagem de satélite com contorno da parcela de terreno: Olival do Forno. (Fonte: Google)	44
Figura 13 Esquema base do Olival do Forno a partir do Inverno de 2015	45
Figura 14 Imagem aérea da parcela do Olival do Forno em Março 2018 (Fonte: Agenda Götsch, consultada a 10 de janeiro 2020)	46
Figura 15 <i>Design</i> para a linha de sequeiro feito por Ernst Götsch. Imagem de perfil e correspondente a um longo período de desenvolvimento do projeto (Fonte: <i>Agenda Götsch</i> , consultada a 10 de janeiro 2020).....	47
Figura 16 Esquema de todas as espécies perenes na linha de sequeiro	48

Figura 17 <i>Design</i> para a linha de hortícolas feito por Ernst Götsch. Imagem de perfil simbolizando como será o sistema na maturidade (Fonte: <i>Agenda Götsch</i> , consultada a 10 de janeiro 2020)	49
Figura 18 Esquema das espécies frutícolas perenes na linha de regadio.....	50
Figura 19 Realce para as videiras tutoradas por pimenteira bastarda e para a proximidade entre ambas.....	51
Figura 20 Esquema que ilustra em detalhe o próprio <i>mulch</i> e as formas dadas (ninho e enleiramento duplo) nas linhas de sequeiro.....	52
Figura 21 Destaque para a entrelinha com coloração verde vivo, em janeiro de 2019	54
Figura 22 Gadanheira de discos frontal, com pormenor dos discos (à direita) da Herdade do Freixo do Meio.....	55
Figura 23 Esquema demonstrativo da linha exemplo, número 4, com 2 linhas complementares instaladas em março de 2019.....	56
Figura 24 Imagem da linha de regadio número 4 com as 2 linhas complementares ...	58
Figura 25 Imagem da linha de regadio número 4 no mês de março 2019	59
Figura 26 Esquema da linha número 4 de sequeiro	60
Figura 27 Imagem da linha 4 de sequeiro em março de 2019	61
Figura 28 Recolha de amostras de solo na entrelinha com recurso a sonda	62
Figura 29 Recolha de amostras de solo na linha com recurso a sonda	63
Figura 30 Diagrama termo-pluviométrico dos anos 2018 e 2019 (Fonte: Estação meteorológica da Herdade do Freixo do Meio)	66

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 Percentagem de ensombramento de cada estrato	30
Quadro 2 Resultados comparativos da análise das principais características analíticas dos solos nas linha e entrelinha	64
Quadro 3 Cálculos da Evapotranspiração cultural (ET _c)	65
Quadro 4 Quantidade de água usada no ano de 2018.	67
Quadro 5 Quantidade de água usada no ano de 2019.	68
Quadro 6 Mão de obra necessária no período de março a outubro de 2019, referente a um ciclo de produção hortícola.	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ASD – agrofloresta de sucessão dinâmica

CTC – capacidade de troca catiónica

FAO – Food and Agriculture Organization

LUCAS – *Land Use and Cover Data*

SAU – superfície agrícola útil

LISTA DE SÍMBOLOS

C – carbono

Ca troca – cálcio de troca

cm – centímetro

Csa – clima temperado com Verão seco e quente

C/N – razão carbono azoto

ETo – Evapotranspiração de referência

ETc – Evapotranspiração cultural

h – hora

ha – hectare

K troca – potássio de troca

Kc – coeficiente cultural

kg – quilograma

km – quilómetro

L/h – litros por hora

m – metro

mm – milímetro

m³ – metro cúbico

Mg troca – magnésio de troca

N – azoto

P – potássio

pH – escala que mede a acidez/alcalinidade de uma solução

S – enxofre

Sr – solos argiluvitados pouco insaturados - solos mediterrâneos, vermelhos ou amarelos, de materiais não calcários, normais, de "*rañas*" ou depósitos afins.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O conceito de sistema agroflorestal e sua instalação na Europa. Visão geral

Um sistema agroflorestal consiste num sistema climaticamente inteligente que junta a vegetação lenhosa (árvores e arbustos) com cereais e/ou animais, de forma a, através das respetivas interações, produzir resultados ecológicos e económicos mais vantajosos (EURAF, consultado a 20 de outubro de 2019).

A dinâmica de associar os diferentes componentes do ecossistema agroflorestal não é desconhecida na Europa, onde há séculos está instalada. Em Portugal, o montado é um exemplo claro, com raízes históricas longínquas (Fonseca, 2004), e o mesmo se pode dizer dos *forest gardens*, na Suécia (Asplund e Björklund, 2016), das faixas de proteção arborizadas, na Hungria (Frank e Vityi, 2016), bem como do agregado de várias espécies arbóreas, na Suíça (Sereke et al., 2016) e em Itália (den Herder et al., 2015). Mas, o que torna a dinâmica da referida associação de componentes do ecossistema uma realidade atual, que cada vez mais atrai a atenção de investigadores, políticos ou agricultores, é a redobrada consciência da sua mais-valia como serviço ecológico, bem como das suas potencialidades económicas. Neste enquadramento, o conceito de agrofloresta ganha um sentido específico, diferente do tradicional, que importa estudar, experienciar e avaliar.

1.2. Agrofloresta como serviço ecológico e como suporte de uma economia real

A destruição de *habitat* natural por expansão da superfície cultivada é o principal fator de perda de biodiversidade (Santos, 2016). Myers (1997) (citado em Santos, 2016) constatou que «*de longe, a maior ameaça à biodiversidade à escala mundial é a destruição de habitat acompanhada por alterações do habitat remanescente e respetiva fragmentação*». Esta perda de biodiversidade, bem como a excessiva emissão de gases com efeito de estufa podem ser contidas pela agrofloresta, porque a mistura de vegetação lenhosa com cereais e/ou animais tende a regenerar ecossistemas (Young, 1997, in Santos, 2016), cumprindo as árvores a função estrutural de retenção do carbono (Cardinael et al., 2015). Em consequência, espera-se que retomar a agrofloresta atualmente, na Europa, tenha impacto positivo nos ecossistemas (Peichl et al., 2006; Verchot et al., 2007, in Cardinael et al., 2015).

Por outro lado, há cada vez mais a perceção de que a conservação do ambiente pode estar ligada à produção de alimentos (Clough et al., 2011) que dá lugar a solos mais

férteis, com a reciclagem *in situ, in loco* de nutrientes (Jordan, 2004). Ora, a agrofloresta abre um amplo espaço experiencial a essa interligação, inclusivamente aliada à dimensão económica, pelo que, também por esta via, é premente que a Europa invista na sua tradição agroflorestal.

1.3. Da agricultura de rápido retorno aos sistemas agroflorestais de médio/longo retorno

O sistema agroflorestal, porque se trata de um sistema dinâmico com árvores, só ao fim de um período alargado possibilita resultados visíveis e conclusivos, e hoje, de um modo geral, procuram-se soluções rápidas com resultados quase imediatos. Tal facto não deve, porém, ser desencorajador, seja no sentido de o estudar seja no sentido de o experienciar na Europa, porque existem já estudos realizados na América do Sul, nomeadamente as experiências de agricultura sintrópica de Ernst Götsch, que poderão ser indício de que o sistema agroflorestal pode conduzir a bons resultados também na Europa.

1.4. Caso de estudo: a Herdade do Freixo do Meio

Na linha de pensamento agroflorestal integra-se a atividade que a Herdade do Freixo do Meio, em Montemor-o-Novo, tem vindo a desenvolver desde 2018.

Com efeito, a Herdade do Freixo do Meio convidou Ernst Götsch a vir a Portugal, solicitando-lhe, além de conhecimento teórico, ministrado em cursos breves, apoio de consultoria às experiências de agrofloresta de sucessão que aí pôs em marcha.

1.5. Uma específica modalidade de sistema agroflorestal: o sistema agroflorestal de sucessão

A modalidade de sistemas agroflorestais de sucessão é um sistema agroflorestal caracterizado por ser pluricultural, que engloba, além da dinâmica espacial, a temporal. Nesta medida, as comunidades de plantas que se desenvolvem juntas são sucedidas por outras comunidades de plantas com ciclos de vida superior, o que significa que não há sobreposição de plantas, mas sim um fluxo contínuo, em que espécies de ciclo curto dão origem a espécies de ciclo mais longo, o que permite que cada planta tenha oportunidade de expressar o seu máximo potencial na altura certa.

O foco deste trabalho consistiu em acompanhar e reportar esta experiência de sistema agroflorestal de sucessão que está a ocorrer em Portugal, desde há um ano, procurando evidenciar os seus eventuais benefícios, bem como as dificuldades da introdução e do desenvolvimento do sistema em solo português, de clima mediterrâneo.

1.6. Interrogações sobre as virtualidades do sistema agroflorestal de sucessão

Neste contexto, porque não estão estudados os efeitos que do sistema agroflorestal de sucessão podem resultar, em Portugal, o trabalho realizado foi sendo orientado pelas questões que a seguir se enunciam. Servem assim de canalizadoras de atenção.

- a) A utilização de vários estratos produtivos permite um aumento da eficiência do uso da área na produção de bens, nomeadamente alimentares?
- b) O aumento da diversidade de espécies permite reforçar a resiliência do sistema agroflorestal, como um todo, contra pragas e doenças?
- c) Num sistema agroflorestal o ciclo da água é beneficiado a tal ponto que possibilita a redução, quando não eliminação, de uso de água de rega?
- d) Sem utilização de fertilizantes e pesticidas de síntese, num sistema agroflorestal será possível produzir alimentos de reconhecida qualidade?
- e) Com o aumento da variedade de produção de bens na agrofloresta, os agricultores controlam melhor o risco da produção, isto é, ficam mais protegidos da flutuação de preços e de perdas afeta a uma cultura?
- f) O sistema agroflorestal necessita de muita mão-de-obra ou de tecnologia específica?

1.7. Uma primeira abordagem com vista a futuras respostas

Este trabalho procura ser uma primeira recolha de informações e uma abordagem descritiva do sistema agroflorestal, a partir do estudo de caso na Herdade do Freixo do Meio, esperando que a este se venham seguir outros trabalhos, dando continuidade a um entendimento e a um conhecimento que só será possível ao fim de um período mais alargado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais cobrem os sistemas de uso da terra e tecnologias onde espécies perenes como árvores, arbustos, palmeiras, bambus, entre outros, são deliberadamente usados na mesma unidade de terra (parcela) que as culturas agrícolas ou a produção de animais, num específico arranjo espacial com sequência temporal. Fazem parte destes sistemas as interações económicas e ecológicas (Lundgren e Raintree, 1982, in Nair, 1993).

Existem várias formas de sistemas agroflorestais no mundo, nomeadamente, na Europa, África, Ásia e América. Na impossibilidade de todas serem referidas, em razão dos limites deste estudo, apresenta-se a panóplia de sistemas agroflorestais que existem na Europa, onde se integra o caso objeto deste trabalho, bem como se apresentam experiências específicas de sistemas agroflorestais em África, Ásia/Oceânia e América.

2.1.1. Extensão, contexto, diversidade e componentes de base na Europa

Em 1995, a *European Environment Agency* tornou público, através da *CORINE Land Cover Classification*, informação correspondente à agrofloresta a nível europeu, concluindo que a totalidade de agrofloresta ocupa 3,3 milhões de hectares. Mais recentemente, tornou-se claro, através de vários outros estudos, que este sistema agrícola é praticado muito mais amplamente.

Com efeito, em 2015, foi contabilizada uma área de 10,6 milhões de hectares em território europeu (den Herder et al., 2015). No entanto, como os valores a que se chegou foram recolhidos através da junção de informação obtida em diferentes países europeus, receia-se uma certa falta de uniformidade de dados, o que pode tornar as estimativas pouco fiáveis e lança o desejo de as melhorar. Tendo presente que as diferenças resultam do facto de, em certos países, ter havido a junção de muita informação e, noutros, a informação ter sido menor, a *Land Use and Cover Data (LUCAS)* procurou suprir as informações em falta, concluindo que o valor total da agrofloresta na Europa deve rondar os 15,4 milhões de hectares, o que equivale a 3,6% de todo o território europeu e a 8,8% da área de utilização agrícola (den Herder et al., 2016).

Na tentativa de aproximação aos valores reais, o exemplo de Espanha apresenta-se sintomático. Quando as estimativas da *LUCAS* para Espanha foram comparadas com os inventários nacionais, verificou-se que a estimativa de agrofloresta do país era superior em cerca de 1,8 milhões de hectares, uma vez que as obtidas pela *LUCAS* incluíam sistemas silvopastoris complementados ao sistema *dehesa* (den Herder et al., 2016). Assim, em Espanha, a extensão agroflorestal total é de 5,6 milhões de hectares, sendo este o país com maior extensão de agrofloresta. Os países que se lhe seguem são França e Grécia, com 1,6 milhões de hectares, Itália com 1,4 milhões de hectares, Portugal com 1,2 milhões e a Roménia com 0,9 milhões (den Herder et al., 2016).

Tendo presente a superfície agrícola útil em cada caso (SAU), realçaram-se os países que têm maior cobertura agroflorestal: Chipre tem 40% da SAU, Portugal 32% e a Grécia 31%.

A análise da figura 1 mostra que no sul da Europa há maior predominância de áreas agroflorestais como o exemplo das regiões sul, centro e nordeste de Portugal, o sudoeste, o centro e algumas partes do norte de Espanha, a Sardenha, o sul e o centro da Itália, o centro e o nordeste da Grécia, sul de França, sul e centro da Bulgária, sendo que também existem zonas de agrofloresta no centro da Roménia.

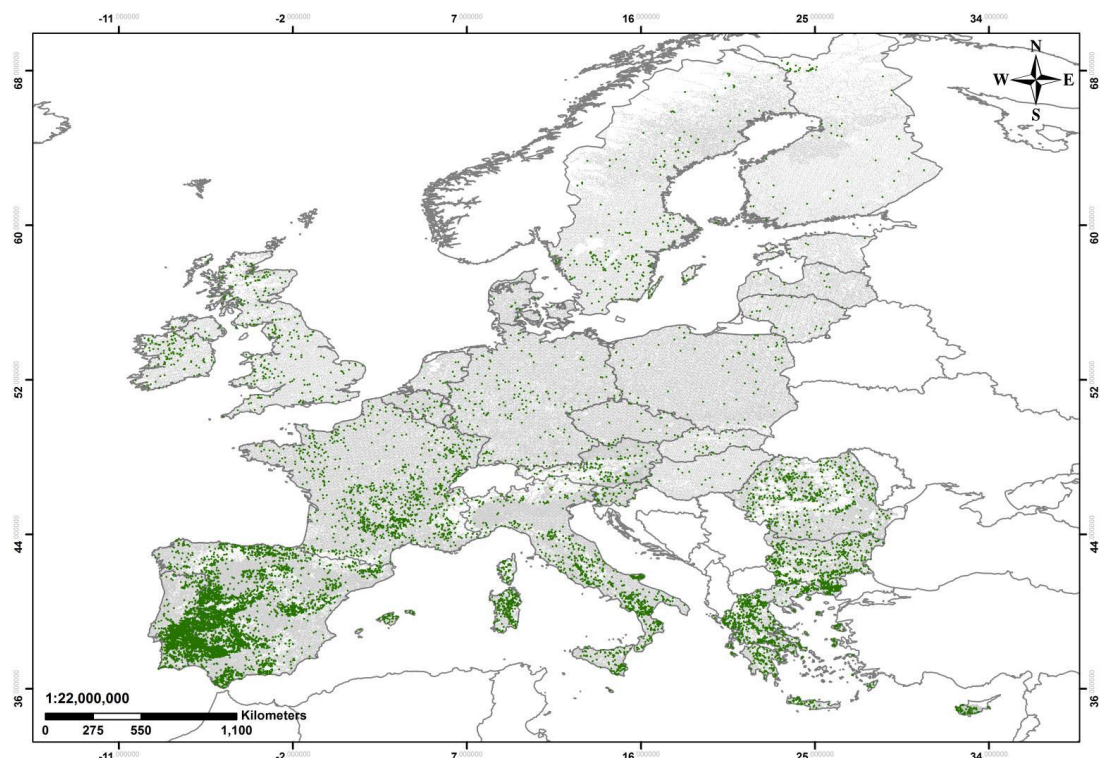


Figura 1: Extensão total de agrofloresta, a verde, na Europa baseado em *LUCAS* data. (Fonte: den Herder et al. 2016)

Com base nas estimativas cada vez mais próximas da realidade da *LUCAS* torna-se mais fácil o estudo comparativo entre países e regiões europeias onde há agrofloresta. Além disso, o conhecimento desses locais permite perceber onde há oportunidades para a prática de agrofloresta quer em larga escala quer com a introdução de novos modelos (den Herder et al., 2016).

A agrofloresta consistindo na junção de espécies arbóreas e arbustivas com culturas agrícolas e/ou animais na mesma unidade de terra, pode apresentar diferentes modelos consoante os seus diversos integrantes, produtos, zonas agroecológicas e agregados socioeconómicos (Nair 1993; Sinclair 1999; McAdam et al., 2009, in den Herder et al., 2016).

Os componentes base da agrofloresta são as diferentes espécies arbóreas, culturas agrícolas e espécies pecuárias. Estas permitem criar modelos agroflorestais em três modalidades fundamentais, em concreto a agrofloresta arável (*arable agroforestry*), a agrofloresta com pecuária (*livestock agroforestry*) e a agrofloresta com espécies arbóreas de elevado valor (*high value tree agroforestry*).

Uma outra modalidade que pode incluir qualquer uma das antes mencionadas, baseando-se nas suas distribuições, é a agrofloresta de alto valor natural e cultural (*high natural and cultural value agroforestry*) (Burgess et al., 2015 e den Herder et al., 2015, in den Herder et al., 2016).

O *AGFORWARD research project* (2014/2017), financiado pela União Europeia, enunciou estas diferentes modalidades, detalhando as suas componentes e dando exemplos que os ilustram: (den Herder et al., 2016).

Deixando clara a diversidade dos sistemas, vão-se desenvolver, a título exemplificativo, alguns deles.

2.1.1.1. Agrofloresta arável

Existe um grande potencial de integração de espécies arbóreas em solo arável. Algumas hipóteses incluem faixas de tampão (*buffer strips*), quebra-ventos (*windbreak*), cintos de proteção (*shelterbelts*), sebes (*hedgerows*) e “*alley cropping*” podendo ser observadas em praticamente todo o solo europeu.

Os sistemas de agrofloresta arável podem aumentar a componente estética da paisagem, para além de incrementarem a biodiversidade.

Por outro lado, as faixas de tampão (*buffer strips*) de vegetação perene tendem a proteger a qualidade da água, se forem plantadas entre as zonas de cultivo e as fontes de água, uma vez o sistema radicular desta vegetação tem a capacidade de absorção de nutrientes que, de outra forma, seriam lixiviados. Realça-se ainda o papel importante desta vegetação como forma de evitar a sedimentação, a erosão do solo e a contaminação por nitratos dos cursos de água contíguos (Mosquera-Losada et al., 2009, in den Herder et al., 2015).

Os quebra-ventos (*windbreaks*) têm por função principal proteger as culturas de prejuízos causados pelo vento, podendo ainda ser úteis para o bem-estar dos animais, reduzindo o seu *stress*.

Por sua vez, os cintos de proteção (*shelterbelt*), que são elementos da paisagem constituídos por árvores ou arbustos, têm por especial função criar zonas de abrigo que conservam o solo e adicionam heterogeneidade espacial. Existem com abundância na Hungria, desde 1946, e diferenciam-se na estrutura das árvores, que, em si, não são consideradas parte da floresta (Franck e Vityi, 2016).

Quanto às sebes (*hedgerows*) que, durante séculos, dividiam as propriedades de terra na Europa, começaram a desaparecer a partir do século XVIII e, mais recentemente, devido à necessidade de criar grandes extensões agrícolas (Herzog, 2000, in den Herder et al., 2015). Os sistemas de sebes estão integrados no âmbito da parcela agrícola e são consideradas como sistemas que cumprem um serviço ecológico de proteção do solo contra a sua erosão por ação do vento, formando barreiras, e também servem de estrutura sustentável (Frank e Vityi, 2016). Na Hungria, este sistema existe como forma de cooperação entre a agricultura e a floresta (Frank e Vityi, 2016). Por outro lado, tem-se presente que, na Inglaterra, País de Gales e Escócia, há sebes com mais de 16 metros de largura (Forest Commission 2001a, 2001b, 2001c, in den Herder et al., 2015).

Finalmente, o “*alley cropping*”, caracteriza-se por intercalar árvores plantadas em linhas (uma ou mais linhas) com culturas anuais na sua entrelinha. Em França, em Montpellier, o sistema de *alley cropping* que, no caso, incluía nogueiras (*Juglans regia*) intercaladas com trigo (*Triticum* spp.), mostrou um grande impacto na capacidade de armazenamento do carbono orgânico do solo (Cardinael et al., 2015).

Um exemplo de sistema de agrofloresta arável em linhas pode ser visto na região de Veneto, Itália, e caracteriza-se por espécies dos géneros *Quercus* e *Populus* estarem nas bordaduras do terreno intercalados com cereais (ver figura 2).



Figura 2: Choupos plantados em linha, contíguos ao campo de cereais no nordeste de Itália (Fonte: den Herder et al., 2015)

2.1.1.2. Agrofloresta com pecuária

O sistema de agrofloresta com pecuária engloba diferentes tipos, consoante se trate de bosques, florestas ou plantações com pastagens na sua ligação a animais selvagens ou domésticos.

A ligação entre florestas e pastagens com a pecuária, para além das vantagens para o bem-estar dos animais, tem nítidas vantagens ecológicas, ao permitir maior armazenamento de carbono. Este é conseguido através da redução da volatilização do óxido nítrico e do metano, pela diminuição do impacto da velocidade do vento e da temperatura mais baixa, promovidas pela existência de florestas (Eve et al., 2014, in den Herder et al., 2015).

Um exemplo demonstrativo da agrofloresta com pecuária é a do porco celta (*Sus scrofa domesticus*), na Galiza, Espanha. Os animais são mantidos em condições de floresta extensiva ou semiextensiva, onde predominam os carvalhos (*Quercus robur*) e os castanheiros (*Castanea sativa*). Reconhecem-se a este sistema claros benefícios sociais e económicos, bem como a possibilidade de redução do risco de incêndio (den Herder et al., 2015).

2.1.1.3. Agrofloresta com árvores de elevado valor

A agrofloresta com árvores de elevado valor, pode ter como produto principal árvores de fruto ou árvores para madeira. Como o nome desta modalidade de agrofloresta indica - «árvores de elevado valor» –, as árvores são escolhidas pelos produtos com valor significativo no mercado. Distinguem-se diferentes produtos com fins que podem ser à base de madeira (madeira para lenha, para fabrico de móveis, papel ou componentes de construção), como à base de casca (cortiça) ou de frutos tais como amêndoas, avelãs, nozes, figos, cerejas, entre outros.

Um exemplo de agrofloresta com árvores de frutos com tradição, a que se costuma chamar *streuobst*, encontra-se na Suíça. Caracteriza-se por, em zonas de prado e pastagens, se inserirem árvores de frutos com diferentes tamanhos, tipos e idades, não uniformes com densidades que variam de 20 a 100 árvores por hectare (Herzog, 1998) como se ilustra na figura 3, com cerejeiras (*Prunus avium*) numa quinta orgânica.

Um outro exemplo de agrofloresta com árvores de fruto é a que integra a espécie perene de cultivo mais importante nos sistemas multifuncionais da região Mediterrânea, a oliveira (*Olea europaea*) (Papanastasis et al., 2009, in den Herder et al., 2015).



Figura 3: Cerejeiras (*Prunus avium*) em combinação com vegetais numa quinta orgânica no noroeste da Suíça (Fonte: den Herder et al., 2015)

2.1.1.4. Agrofloresta de alto valor natural e cultural

A agrofloresta de alto valor natural e cultural, proposta pela *European Environment Agency*, caracteriza-se por reconhecer práticas e sistemas agrícolas que englobam altos níveis de biodiversidade. São exemplo as *dehesas*, em Espanha, e os montados, em Portugal. As abordagens para identificar este sistema são três: *land cover*, *farming system* e *species and habitats approach* (Almeida et al., 2013, in den Herder et al., 2015).

Outros exemplos incluídos no sistema de agrofloresta de alto valor natural e cultural são a agrofloresta dominada por *Quercus spp* (*oak trees*) em outros países mediterrâneos, pastagens arborizadas (*wood pastures*), sistemas de sebe (*hedgerow systems*) e criação de renas (*reindeer husbandry*). Descreve-se, de seguida, e em maior detalhe, a agrofloresta dominada por *Quercus spp*. Apresenta-se ainda, uma breve descrição dos restantes exemplos referidos para sistemas de agrofloresta de alto valor natural e cultural.

Os sistemas de agrofloresta dominados por *Quercus spp* (*oak dominated agroforestry*) integram uma grande variedade de *habitats*, desde pastagens arborizadas abertas e prados até florestas de copa fechada, e são praticados na zona mediterrânea há mais de 4500 anos (Stevenson e Harrison, 1992, in den Herder et al., 2015). A percentagem destes sistemas, em Portugal e Espanha, corresponde a cerca de 15% da SAU.

Analisando, em especial, os casos das *dehesas* e dos montados, estes nasceram maioritariamente a partir do desbaste de florestas naturais e são considerados regiões arborizadas com múltiplos objetivos. Combinam práticas silvopastoris e silvoaráveis, bem como árvores com múltiplos propósitos. Têm a capacidade de providenciar pasto, forragem e sombra, no princípio do período de seca de verão, além de reduzir o risco de incêndio. Incluem a manutenção do efetivo pecuário, cultivo de cereais, recolha e utilização de cortiça, de material lenhoso para fogueiras, bem como a caça. Por tudo, são consideradas, na Europa, a paisagem humana com maior biodiversidade, e a Diretiva *Habitat* da União Europeia aconselha a sua preservação (Moreno e Pulido 2009, in den Herder et al., 2015).

Dados recentes apontam para *dehesas* com 3,6 milhões de hectares e montados com 1,1 milhões de hectares (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2008, Inventário Florestal Nacional 2013a, in den Herder et al., 2015). Por sua vez, estudos recentes indicam que existem sistemas de pecuária tradicionais com raças autóctones de densidades baixas, com componentes de árvores e culturas agrícolas.

A componente arbórea é dominada por azinheiras (*Quercus ilex*) e sobreiros (*Quercus suber*), podendo existir outras espécies de folha caduca – *Quercus pyrenaica*, *Quercus faginea* e *Fraxinus angustifolia*. A densidade varia entre cinco e oitenta árvores por hectare (mais comumente entre 15 e 45 árvores por hectare) (Montero et al., 1998; San Miguel, 1994; Moreno e Pulido 2009, in den Herder et al., 2015).

Na componente pecuária, o pastoreio é importante para a manutenção de uma vegetação rasteira estável (figura 4). O sistema pode comportar vários tipos de animais, como porcos, vacas, galinhas, perus, ovelhas, cabras, cavalos, dependendo da vegetação e das características socioeconómicas. Em Portugal, é típico dos sistemas, os porcos serem introduzidos durante o período que vai de outubro a janeiro, para estes se alimentarem das bolotas (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009; San Miguel 1994, in den Herder et al., 2015).

Quanto à componente de cultivos agrícolas, é tradicional manter-se o estrato herbáceo com rotação de cultivo de cereais.

Os sistemas agroflorestais dominados por *Quercus spp* também se encontram na Grécia e em Itália. Na Grécia, apresentam-se regiões arborizadas com pastagens que incluem, para além dos *Quercus spp*, pinheiros (*Pinus spp*) (Papanastasis et al., 2009 in den Herder et al., 2015). Em Itália, os sistemas são de pastagens arborizadas (Pardini, 2009, in den Herder et al., 2015).

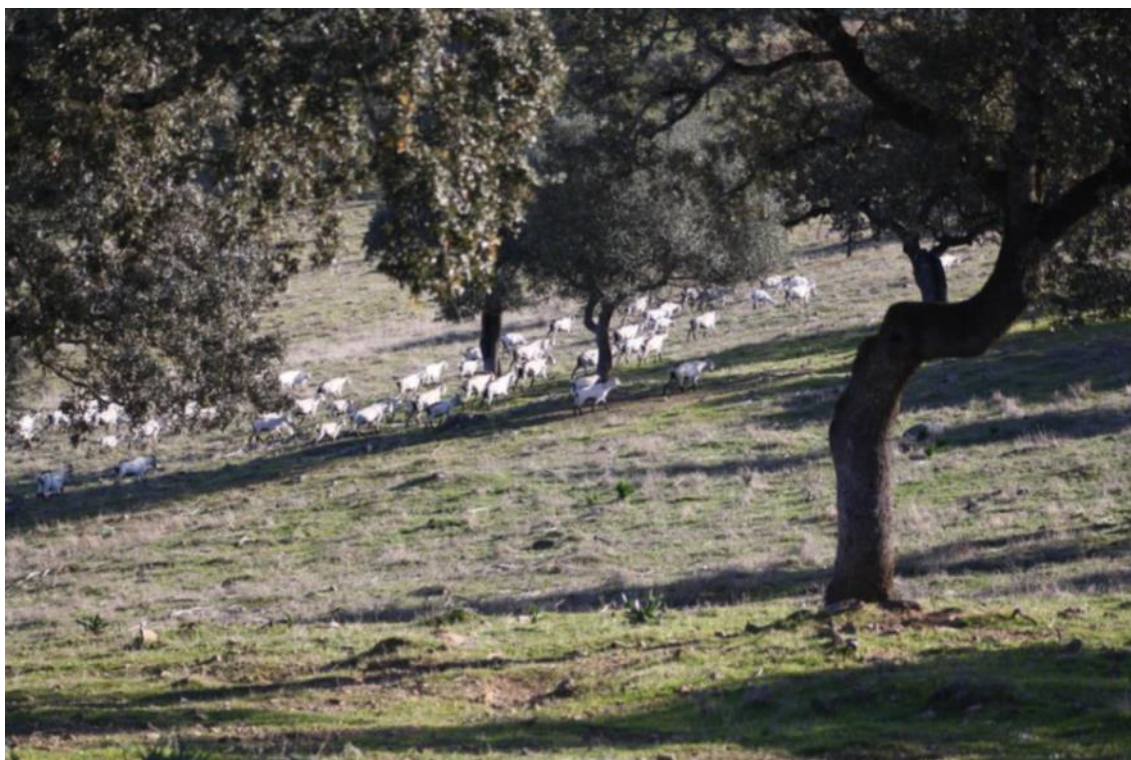


Figura 4: Cabras a pastar num montado em Portugal (Fonte: den Herder et al., 2015)

Existem outros sistemas de árvores em pastagens, sem predominância exclusiva de *Quercus spp*, que são mais comuns no Reino Unido, na Roménia, na Grécia, no norte de Itália, na Suíça e na Suécia. Estes servem para fornecer abrigo a gado bovino e ovino, nos meses de inverno e incluem várias espécies, como faia (*Fagus sylvatica*), teixo (*Taxus baccata*), cedros (*Larix decídua*) e abetos (*Abies spp*). No sul de Inglaterra, a pastagem arborizada “New Forest”, com 3000 ha de extensão, constitui um bom exemplo destes sistemas (den Herder et al., 2015).

2.1.2. Aspectos gerais da agrofloresta tropical

O clima tropical, presente entre os trópicos, caracteriza-se por temperaturas máximas elevadas, acima de 18°C, sem geadas e temperaturas mínimas superiores a 0 graus, baixa amplitude térmica anual, chuvas abundantes e duas marcadas estações, uma seca e outra chuvosa. É, por isso, um clima que permite o rápido desenvolvimento das espécies vegetais e que possui grande variedade de espécies animais.

São várias as modalidades de agrofloresta na zona tropical, mas rareiam os estudos que permitem uma análise do seu conjunto. Assim, abordam-se neste trabalho estudos sobre diferentes experiências, realizadas no continente africano, no continente americano e na Indonésia, um Estado em parte no continente asiático e em parte na Oceânia, sendo que o clima tropical é o traço unificador destas experiências.

Em seguida apresentam-se os seguintes casos em detalhe: o exemplo da agrofloresta de café sombreado, no Havai, com especial foco no impacto ao nível das alterações edáficas; o caso de estudo de uma floresta tropical na Indonésia que aborda os efeitos na biodiversidade estrutural; e ainda as particularidades de dois tipos de agrofloresta amplamente diversificada, concretamente na Bolívia e no Brasil.

2.1.2.1. Cultura do cafeeiro sombreado (Havaí)

Os ecossistemas agrários desempenham um papel central no ciclo global do carbono e contêm aproximadamente 12% do carbono terrestre mundial (Dixon, 1995, in Youkhana e Idol, 2009).

No Estado do Havaí, USA, foi conduzido um estudo, com o objetivo de avaliar se a agrofloresta permite aumentar o sequestro de carbono nos solos, através de um aumento dos resíduos vegetais resultantes da poda das árvores que integram o sistema.

Neste estudo, o foco foi o impacto da adição de *mulch* proveniente, em concreto, da espécie fixadora de azoto, *Leucaena leucocephala*, na cultura do cafeeiro, através da avaliação das características e composição química do solo e do próprio *mulch* no decorrer dos dois anos de trabalho.

A decomposição dos resíduos vegetais é um processo chave nos ciclos de nutrientes e da matéria orgânica, sendo fortemente acelerada pelo calor e a humidade. No entanto, uma correta gestão de intervenções dentro de um sistema agroflorestal ajuda a estabilizar os solos reduzindo a erosão e a perturbação dos mesmos (Ataroff e Monasterio, 1997, in Youkhana e Idol, 2009). Com efeito, observa-se uma quantidade maior de resíduos orgânicos num sistema agroflorestal do que em sistemas de monocultura e verifica-se um aumento da reciclagem de nutrientes dentro do próprio sistema (Oelbermann et al., 2006, in Youkhana e Idol, 2009).

Nos sistemas agroflorestais, as árvores são podadas regularmente não só para moderar os níveis de sombra como ainda para manter a produtividade da cultura que está debaixo. O corte das árvores reduz o sequestro de carbono afeto a essa biomassa que é retirada, mas os resíduos do corte (estabilizados), como se tornam matéria orgânica, ajudam a conservar algum do carbono perdido pela biomassa da madeira enquanto favorecem as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Com efeito, Wendt et al., 1996 e Heineman et al., 1997, observaram que os teores de C, N, P e S aumentaram com a adição de *mulch* proveniente da poda de *Leucaena leucocéfala*.

Cobrir o solo com os resíduos resultantes da poda das árvores contribui para o aumento da infiltrabilidade e retenção de água no solo, a redução da infestação por espécies indesejadas e o aumento da atividade do solo, ao nível da fauna e da microbiota (Kang, 1997). O *mulch* permite ainda reduzir a evaporação da água de superfície, conservando-a por muito mais tempo no respetivo solo (Sands et al., 1999, in Youkhana e Idol, 2009).

Na experiência do Havai, notou-se que as taxas de decomposição do material incorporado na superfície do solo foram fortemente influenciadas pelas condições climáticas e pela composição química inicial desse mesmo material.

Nas análises apresentadas nesta experiência, a relação C/N do *mulch* ao longo dos meses mostrou que a perda do carbono é superior à perda do azoto. No entanto, ficou demonstrado que 33% de azoto proveniente do *mulch* foi incorporado no solo apenas após um ano, mesmo considerando perda de azoto por volatilização, que se assumiu como sendo de 20%.

O sequestro de carbono na matéria orgânica do solo foi metade do carbono adicionado como *mulch* nos dois anos. Assim, a aplicação de *mulch* permitiu equilibrar parcialmente as perdas de carbono como biomassa das árvores e promover a disponibilidade de azoto num sistema agroflorestal em que a sombra é gerida para manter elevada a qualidade do café.

Os efeitos indiretos da adição de *mulch* não foram, expressamente, o objeto deste estudo no Havai, mas contribuíram para o efeito final ao potenciar sinergias. Concluiu-se, adicionalmente, que com o *mulch* aplicado ao solo o crescimento das árvores, depois das podas, foi superior em três vezes ao crescimento sem *mulch*. Provavelmente a lixiviação e a mineralização dos nutrientes vindos dos resíduos dos cortes das árvores estimularam o crescimento das mesmas.

Ficaram claros os efeitos dos resíduos dos cortes das árvores do sistema na superfície do solo (Youkhana e Idol, 2009), assim como se provou a menor necessidade do uso de *inputs* externos para enriquecer o solo, pelo aumento de disponibilidade de água e nutrientes.

2.1.2.2. Floresta tropical (*rain forest*, Indonésia)

Um estudo desenvolvido por Zemp et al., em 2019, na Indonésia, mostrou uma forma de enriquecimento estrutural de uma plantação de palma (*Elaeis guineensis*) para extração de óleo, comprovando que do aumento da complexidade se podem colher benefícios.

Com efeito, quando as estruturas complexas de florestas tropicais foram convertidas em culturas muito rentáveis de uma só espécie, como palma ou borracha (*Ficus elastica*), verificaram-se perdas dramáticas de biodiversidade, além das observadas nas funções do ecossistema. Todos os intervenientes foram afetados, desde logo as plantas, mas também os invertebrados e as comunidades microbianas, levando a efeitos, continuados e em sequência, que, por sua vez, afetaram as cadeias tróficas mais altas, tendo conduzido a uma mudança completa na estrutura e funcionamento da cadeia alimentar (Straaten et al., 2015; Drescher et al., 2016; Barnes et al., 2017, in Zemp et al., 2019).

Ao criar abruptamente um sistema de monocultura onde antes existia floresta tropical, a mudança simplificou a estrutura da floresta (Rembold et al., 2017, in Zemp et al., 2019). Como consequência da simplificação da estrutura da vegetação, o microclima nestas plantações de palma altera-se, tornando-se significativamente mais quente do

que nas florestas nativas (Hardwick et al., 2015, in Zemp et al., 2019), levando à redução da capacidade de ser tampão em eventos de seca extrema (Meijide et al., 2018, in Zemp et al., 2019). Além disso, serviços vitais do ecossistema, como o aprovisionamento e a regulação da água, o armazenamento de carbono e os processos de transformação do solo e correspondente fertilidade, ficam comprometidos (Clough et al., 2016 e Dislich et al., 2016, in Zemp et al., 2019).

Vários outros estudos apontam no sentido de que a complexidade estrutural tem efeitos benéficos visíveis, localmente e na paisagem envolvente, e mitigam o forte impacto ecológico da monocultura de palma (Foster et al., 2011; Azhar et al., 2013 e Nakagawa et al., 2013, in Zemp et al., 2019). Práticas de gestão para o aumento de complexidade estrutural a nível local incluem o desbaste e replantação de árvores de *Elaeis guineensis* para criar múltiplos estratos verticais (Luskin e Pots, 2011, in Zemp et al., 2019).

Outra opção consiste em plantar adicionalmente outras espécies arbóreas com diferentes funções, integrando um sistema agroflorestal (Bhagwat e Willis, 2008, in Zemp et al., 2019) e, estruturalmente, imitando uma floresta. Os sistemas agroflorestais, enquanto combinam árvores com culturas agrícolas, têm um efeito positivo na biodiversidade, sem que tal facto dê origem à necessária diminuição nas produções dessas culturas agrícolas (Ribeiro de Carvalho et al., 2014 e Ramos et al., 2018, in Zemp et al., 2019).

Por sua vez, as agroflorestas com múltiplos estratos incorporam várias espécies arbóreas que promovem *habitats* para diversas abelhas, pássaros e morcegos, tendo implicações no controlo de pragas (Maas et al., 2015, in Zemp et al., 2019), na dispersão de sementes e nos serviços de polinização (Jose, 2009).

Além disso, o aumento da complexidade estrutural determina um microclima mais estável e húmido (Hardwick et al., 2015, in Zemp et al., 2019) que, desse modo, aumenta a taxa de decomposição da manta morta (Crockatt e Bebbber, 2015, in Zemp et al., 2019) e melhora a capacidade de as plantas se adaptarem ao aquecimento global (efeito tampão reduz os extremos) (Frenne et al., 2013, in Zemp et al., 2019)

Outros estudos, sugeriram que o aumento da diversidade das espécies arbóreas conduz a uma ainda maior complexidade estrutural, em resultado da complementaridade das características fisiológicas com a arquitetura das próprias árvores e a sua plasticidade (capacidade de adaptação à sombra). Na Indonésia, Zemp et al., verificaram que, apesar da densidade de plantação ter sido baixa, as interações entre espécies melhoraram a complexidade estrutural ao fim dos três anos de plantação.

Por sua vez, a maior complexidade estrutural permite melhorar a captação de radiação do coberto vegetal (Hardiman et al., 2011; Forrester et al., 2018, in Zemp et al., 2019),

potencialmente estimulando um vínculo de *feedback* positivo entre a complexidade estrutural e o crescimento de árvores em mistura (consórcios) (Pretzsch, 2014; Ammer, 2019, in Zemp et al., 2019).

2.1.2.3. Agroflorestas complexas (Bolívia e Brasil)

Na Bolívia e no Brasil têm-se desenvolvido interessantes experiências de agrofloresta, baseadas na ideia de que a agricultura pode complementar a conservação ambiental e, ainda, desempenhar uma importante função social. Aproveitando inteligentemente a sua inserção em clima tropical, estas experiências de agrofloresta procuram obter vantagens para o serviço do ecossistema, bem como benefícios de ordem económica através da complexidade do consórcio de vegetação previamente escolhido e da sua sucessão no tempo.

A partir destas experiências conclui-se que a agronomia pode aliar-se à ecologia, à economia e à justiça social, sendo que, dessa aliança, podem surgir janelas de oportunidade para a sistematização de agroecossistemas biodiversos resilientes, energeticamente eficientes e socialmente mais justos (Altieri, 2004; Gliessman, 2001, in Pasini 2017).

Entre os múltiplos exemplos que se podem reportar destas experiências, selecionaram-se dois, um, na Bolívia, com intenção de realçar a componente produtiva e outro, no Brasil, em que se pretendem evidenciar vantagens ecológicas, nomeadamente a regeneração de ecossistemas.

Bolívia

Um estudo estruturado foi conduzido em redor da análise da produção de cacau, na Região do Vale de Alto Beni, em La Paz, no nordeste dos Andes bolivianos (Schneider et al., 2017) por substituição da floresta nativa (com predominância de *Guadua spp*) por 5 diferentes modalidades de cultura.

Neste contexto, implementaram-se duas modalidades de monocultura de cacau (*Theobroma cacao*), duas de sistemas agroflorestais (cacau sombreado) e ainda um sistema de agrofloresta de sucessão. Foram ainda consideradas, no caso da monocultura e da agrofloresta, duas formas de produção, a convencional e a biológica.

Fazendo a quantificação das espécies, nas monoculturas, convencional e biológica, para além do cacaueiro, foi plantada inicialmente apenas uma espécie de bananeira (*Musa x paradísíaca L.*), que acabou por ser removida.

Já nos sistemas agroflorestais, convencional e biológico, foram plantadas 14 e 15 espécies a mais, respetivamente, com uma mistura de árvores de fruto (como *Musa x paradisíaca* L., numa variedade diferente da primeira), árvores para aproveitamento da madeira e árvores escolhidas pela sua capacidade de, através da sua presença, serem fertilizantes (leguminosas) com uma densidade de plantação correspondente a 227 árvores por hectare.

No caso do sistema de agrofloresta de sucessão, o número de espécies plantadas incluía 37 culturas de subprodutos, como por exemplo milho, arroz e outras árvores medicinais, árvores de fruto (por exemplo ananás), especiarias e árvores para aproveitamento da madeira.

As monoculturas em comparação, sistemas totalmente expostos ao sol e associados à utilização de agroquímicos (fertilizantes químicos e produtos fitossanitários), mostraram, inicialmente, produtividades elevadas e boa capacidade de obtenção de lucros, que se vão reduzindo com a idade do sistema (as culturas duram cerca de 15 a 20 anos) (Ahenkorah et al., 1987 e Rice e Greenberg, 2000, in Schneider et al., 2017).

O potencial da agrofloresta revelou-se superior, quer no plano social quer no plano ecológico, porque permitiu obter múltiplos produtos que contribuíram para o sustento dos agricultores (Cerdeira et al., 2014; Somarriba et al. 2014, in Schneider et al., 2017). Para além disso, assegurou produções de cacau estáveis ao longo do tempo, cumprindo serviços vários do ecossistema (Obiri Darko et al., 2007 e Rice e Greenberg, 2000 in Schneider et al., 2017),

Realça-se que no *design* experimental das cinco tipologias de culturas acima referenciadas, a agrofloresta sucessional foi estruturada de acordo com a produção biológica e caracterizando-se por não ter qualquer *input* externo, incidindo as práticas adotadas também na maximização de produção de diferentes subprodutos.

Quanto à produtividade, o estudo concluiu que, nos anos de 2011 a 2013, a produção de grãos secos de cacau, na monocultura em modo convencional, apresentou valores mais elevados (cerca de 153% mais), logo seguida da produção obtida na monocultura biológica, que superou os sistemas agroflorestais (+33%).

As duas modalidades de agrofloresta, convencional e biológica, não mostraram diferenças significativas no respeitante à produção de cacau, mas os seus resultados foram superiores ao obtidos no sistema agroflorestal de sucessão (+136%).

Pode, assim, dizer-se que a diversidade/mistura de culturas teve um forte efeito na produção de grãos de cacau seco e que a aplicação elevada de fertilizantes nas

monoculturas, quando comparada com a produção nas agroflorestas em que se usou apenas metade das unidades de fertilizante, pode explicar o observado.

Os resultados obtidos são muito provavelmente explicados pela maior radiação solar incidente nos sistemas de monocultura, que decresce à medida que aumenta a complexidade e diversidade dos sistemas.

Não deve, porém, esquecer-se que o recurso a múltiplas culturas produtivas, presentes nos sistemas de agrofloresta e na agrofloresta de sucessão, favorece a segurança alimentar local, ao mesmo tempo que distribui o risco de produção, o que é particularmente sentido em contexto de agricultura de pequena escala (Jaggi et al., 2004; Bellow et al., 2008, in Schneider et al., 2017).

Acresce que as agroflorestas, para além da produção e viabilidade económica, trazem benefícios ecológicos, tais como a regulação autónoma de pragas e doenças, a conservação da biodiversidade e da fertilidade do solo e a adaptação e mitigação às mudanças climáticas (Henry et al., 2009; Soto-Pinto et al., 2010, in Schneider et al., 2017).

Atendendo aos sistemas no seu todo, tornou-se importante analisar a globalidade das produções obtidas em todas as modalidades presentes no *design* experimental. Neste contexto, no período de 2009 a 2013, os resultados são distintos daqueles a que se chegou através da análise exclusiva da produção de cacau.

Assim, verificou-se que, apesar de as modalidades de monocultura apresentarem, como já se viu, os valores mais altos para a produção de cacau e, ainda, o valor mais alto da produção de banana, no caso da monocultura convencional, tais valores não foram suficientes para que estas modalidades atingissem os elevados valores cumulativos obtidos nos sistemas de agrofloresta e de agrofloresta de sucessão

Com efeito, o sistema que obteve o registo de produção total mais alto (13618 kg de matéria seca por hectare) foi o sistema de agrofloresta convencional, e o mais baixo o sistema de monocultura biológica (3464 kg de matéria seca por hectare).

As modalidades de agrofloresta, convencional e biológica, conseguiram uma média de produção de 8036 kg por hectare, só de banana (*Musa spp.*, diferente da primeira *Musa x paradisíaca L.*) e apresentaram valores de produção cumulativos significativamente superiores aos da agrofloresta de sucessão e aos de qualquer sistema de monocultura (+131%).

O sistema de agrofloresta de sucessão apresentou valores também significativamente superiores, no resultado cumulativo, às duas modalidades de monocultura (+105%).

Tendo em conta os objetivos pretendidos pelo trabalho que ora se elabora, torna-se importante salientar que, o valor elevado de produção global conseguido no âmbito do sistema agroflorestal de sucessão se deveu a produtos específicos, concretamente a diversos frutos e tubérculos, colhidos no mencionado período de 2009 a 2013 (5118 kg por hectare) (Schneider et al., 2017).

Ainda na análise de experiências na Bolívia, e partindo da mesma realidade, cumpre referir o estudo de Armengot et al., 2016, que, estabelecendo também a comparação entre monoculturas de cacauzeiros de produção convencional e biológica e sistemas agroflorestais, procurou evidenciar os respetivos aspetos económicos.

Estes autores verificaram que, embora em sistemas agroflorestais a produção de cacau tenha sido inferior à produção obtida nos sistemas de monocultura, as receitas com a comercialização das bananas produzidas naqueles sistemas compensaram claramente os resultados inferiores da exclusiva comercialização do cacau.

Acresce que a referida análise diz respeito aos primeiros anos dos sistemas agroflorestais. Nos anos subsequentes, quando as árvores ganharem dimensão, pode esperar-se que ainda se mantenha o acréscimo económico, desta feita através da comercialização da madeira dessas árvores (Armengot et al., 2016).

Em suma, globalmente as culturas secundárias presentes nos sistemas agroflorestais revelaram-se fundamentais no plano económico, evidenciando as vantagens destes sistemas quando comparados com as monoculturas.

É, assim, possível criar sistemas agroflorestais em que a seleção de espécies (subprodutos) seja pensada em função do mercado e das necessidades locais, e, ainda, das necessidades de autoconsumo.

Brasil

Uma experiência de agrofloresta mais abrangente, que agrega a componente agrícola à ecológica, sem, contudo, descuidar a sustentabilidade económica e social, está na base do estudo de Vieira et al., (2009). Os autores estudaram diferentes modelos, com o objetivo de, aplicando eficientemente os recursos disponíveis, obter a recuperação da floresta de uma forma natural, garantindo, ao mesmo tempo, o sustento do ser humano. Neste contexto, surgiu a proposta de restauração agro-sucessional.

A restauração agro-sucessional caracteriza-se por pretender recuperar florestas tropicais através da ampla incorporação não só de técnicas de agroecologia, mas também de agrofloresta, numa fase inicial da regeneração florestal. Presume-se que o

amplo uso dessas técnicas pode ultrapassar barreiras ecológicas e socioeconômicas que, em regra, o restauro de terrenos suscita.

Com efeito, os sistemas agroflorestais misturam culturas de herbáceas e várias espécies de árvores, mas a proposta que ora se analisa liga essa mistura à sua progressão cronológica, acompanhando essa progressão e nela interferindo de modo a incrementar a biodiversidade, a estrutura e a função ecossistêmica, bem como o rendimento econômico.

Registe-se que, Hart (1980), citado no estudo de Vieira et al., (2009), propunha uma sequência cronológica de culturas, mimetizando a sucessão natural, de tal modo que cada fase do desenvolvimento da agrofloresta tenderia a produzir o ambiente físico necessário ao ambiente da fase seguinte. De acordo com a sua proposta, não seriam necessários tantos *inputs* para desenvolver uma comunidade, de culturas ou de espécies nativas, do estágio sucessional mais evoluído. E tudo porque, durante o processo em que os cultivos e as plantas nativas se sucedem, as espécies com ciclos de vida curta seriam gradualmente substituídas por espécies de vida longa (num período de meses, anos ou décadas), sempre atendendo às necessidades das espécies quanto à fertilidade do solo, radiação e estratificação vertical.

No estudo de Vieira et al. (2009), num primeiro momento, as culturas foram escolhidas com base na observação das florestas e sistemas culturais tradicionais e localmente de referência. Num segundo momento, depois de se ter observado que muitas espécies se desenvolveram naturalmente ou foram plantadas com a finalidade de controlo de pragas, melhoria da qualidade do solo ou crescimento compensatório, concluiu-se com o processo de desbaste natural, acelerado por podas seletivas. Com estas podas seletivas, pretendeu-se, não só aumentar a entrada de luz nos estratos mais baixos, como estimular o *input* de nutrientes através do material podado (que fará parte da matéria orgânica do solo) e, ainda, facilitar o crescimento de espécies de estádios sucessionais mais avançados.

Para a seleção de espécies, nestes sistemas de agrofloresta de sucessão, é fundamental avaliar a qualidade do solo, concretamente no que às suas características físicas, químicas e biológicas respeita, já que as zonas agrícolas que foram abandonadas apresentam fertilidade do solo variável numa ampla escala espacial, em resultado do substrato natural e do anterior uso dos terrenos (Holl, 2007, in Vieira et al., 2009).

Foi ainda com base nestes princípios que, em 1984, Ernst Götsch começou a desenvolver a sua experiência complexa de agrofloresta de sucessão, em pastagens abandonadas no nordeste do Brasil (Peneireiro, 1999; Silva, 2002). Ernst Götsch

mostrou que, num período de 3 a 20 anos, as culturas hortícolas se desenvolvem normalmente, sendo colhidas nos períodos próprios, enquanto que as espécies florestais primárias e secundárias se vão regenerando. Entretanto, a copa das árvores vai, com o tempo, ganhando forma e dimensão, ao mesmo tempo que vai diminuindo a capacidade de crescimento de espécies anuais e bianuais. Isto, porque, estas exigem muita radiação solar (exposição à luz) e a copa das árvores vai-se fechando e, conseqüentemente, impedindo a entrada de luz para as zonas mais próximas do solo (figura 5).

Então, a partir de determinada altura, deixam de existir condições para as culturas hortícolas, enquanto que as condições se tornam cada vez mais favoráveis ao desenvolvimento florestal (Hart, 1980 e Ewel, 1999, in Vieira et al., 2009).



Figura 5: Exemplo demonstrativo, de perfil, de uma agrofloresta criada por Ernst Götsch (Fonte: Pasini, 2017)

2.2. Pressupostos e ideias motoras da agrofloresta de sucessão

A compreensão dos diferentes sistemas de agrofloresta que, ainda hoje, se encontram na Europa, bem como a análise compreensiva de experiências recentes de sistemas agroflorestais em zonas tropicais, nomeadamente o sistema de agrofloresta de sucessão, procuraram oferecer uma visão de conjunto da realidade do sistema agroflorestal vivida em diferentes continentes. Ao mesmo tempo, o percurso que até agora se empreendeu abriu espaço para a análise situada do sistema de agrofloresta de sucessão.

O presente capítulo pretende enunciar as ideias motoras agregadoras do sistema agroflorestal de sucessão, de acordo com o pensamento de Ernst Götsch (agricultura sintrópica), procurando averiguar se a introdução deste sistema agroflorestal de sucessão na Europa, assim concebido, é potenciador de benefícios e, em caso afirmativo, quais.

Registe-se que Ernst Götsch se baseia numa particular filosofia de índole holística, na linha aberta por Ana Primavesi, engenheira agrónoma austríaca, (falecida em janeiro deste ano com 99 anos e 80 dedicados à agroecologia), e em específicos entendimentos sobre como funcionam as leis da natureza nos terrenos agrícolas. Tais entendimentos são, por sua vez, pressupostos de ideias motoras que devem estar presentes em concretos modos de atuar na modelação e desenvolvimento das experiências de sistemas agroflorestais de sucessão.

E registe-se também, desde já, que a enunciação destes pressupostos, bem como das ideias motoras acima mencionadas tem, em alguma medida, o seu ponto de partida no estudo de Pasini (2017).

Finalmente, registe-se, mais especificamente, que, para Ernst Götsch, todo e qualquer ato de projetar e realizar intervenções no terreno deve ser compreendido como uma forma de aumentar a fotossíntese e de favorecer os processos sucessionais da fauna e da flora. Assim, a intervenção em qualquer cultivo/plantação, por parte do agricultor, deve, em seu entender, ter por finalidade a obtenção de um resultado energeticamente positivo, sequencialmente crescente (Götsch, 1995).

Destacam-se, para efeitos da análise que se pretende desenvolver, dois pressupostos do sistema agroflorestal de sucessão, sobre os quais assenta a intervenção do agricultor: a instrumentalização da vida em relação ao planeta Terra (ideia-chave da sintropia) e a interação cooperativa (não competitiva) de cada espécie e entre espécies.

Götsch (1995) para o primeiro pressuposto, entende que o planeta Terra funciona como um organismo cuja estratégia de ser é a sintropia. A sintropia é a inspiração, complementar a formas descomplexificadoras e entrópicas de ser, que têm ênfase na expiração. O autor mencionado, entende que a vida implica um aumento de complexidade, sendo um instrumento do planeta para realizar essa estratégia complexificadora, pois, através das atividades metabólicas da vida, cria-se e mantém-se no planeta uma espécie de condensação de energia, conservando-se o atual sistema circulatório de água e ar (Götsch, 2001, in Pasini, 2017). Entender a dinâmica do planeta Terra no diálogo que estabelece com a vida, assim compreendida na sua instrumentalização, implica ter uma visão holística da singularidade de cada comportamento de intervenção agrícola. Por outras palavras, e neste enquadramento, o agricultor tem de estar ciente de que, quando atua sobre o solo, sobre uma planta, sobre um animal, não é só sobre esse solo, essa planta, esse animal que atua, e sim sobre toda a envolvente.

Acresce que, para Ernst Götsch, no segundo pressuposto, o *«nascimento de cada ser vivo, a sua força de crescer, de frutificar, de criar o próximo a seguir, de completar o processo de amadurecimento tendo no final a morte, ou melhor dizendo, a transformação em outras formas de vida, tudo isto faz parte do metabolismo do macro-organismo»* (Götsch, 1997, in Pasini, 2017).

No seguimento deste entendimento, cada indivíduo de cada geração vive e prospera quando é morfológicamente apto a adequar-se à *‘estratégia de ser’* do planeta, e *“cada espécie que apareceu, aparece e aparecerá vem equipada para cumprir suas tarefas, movida pelo prazer interno”*. Continuando o mesmo entendimento: *“Na natureza não há competição. Todas as relações inter e intraespecíficas ocorrem unilateralmente movidas pelo amor incondicional e a cooperação”* (Götsch, 2015, in Pasini, 2017).

Ao enunciar este segundo pressuposto em que assenta o pensamento de Ernst Götsch, não pode deixar de se ter presente que o avanço nos estudos em que o foco é a interação entre espécies, especialmente em ambientes mais pobres em recursos, demonstra que a facilitação é um processo com mais impacto nas comunidades do que a competição (Montesinos-Navarro et al., 2019).

É, por isso, importante conhecer os ritmos de desenvolvimento de cada espécie, a sua personalidade, porque esse conhecimento, por sua vez, é decisivo para bem compreender como é que as espécies se conectam entre si, como se entreejudam, se afetam e qual a sua relação com o meio ambiente.

2.2.1. Ideias motoras da agrofloresta de sucessão

A fim de nortear a ação humana no *design*, desenvolvimento e permanente acompanhamento de um sistema agroflorestal de sucessão, evidenciam-se cinco ideias motoras: o respeito pela sucessão natural, a procura da adequada ligação da vida das espécies ao espaço e ao tempo, a garantia do equilíbrio ecológico, a completude do consórcio e, por fim, a possibilidade de ajustar e/ou acelerar os processos naturais.

Quanto ao respeito pela sucessão natural, o pensamento de Götsch (1997) fundamenta-se na ideia de que a «*sucessão natural das espécies é o pulso da vida, o veículo no qual a vida atravessa o espaço e o tempo*». Esta ideia adquire, por isso, um papel fundamental no *design* e no desenvolvimento do sistema agroflorestal de sucessão. E tudo porque é através da sucessão natural que a vida vai evoluindo em cada ser e naquele que lhe sucede, acrescentando sempre qualidade ao modo de viver e ao ambiente em que se insere. Por isso o autor considera ser a intervenção humana, através de monoculturas, a causa da degradação dos ecossistemas, propondo o restauro dos ecossistemas degradados através de um retorno à sucessão natural das espécies.

Com efeito, as culturas anuais e bianuais, ao contrariarem o fluxo sucessional das espécies vão consumindo os recursos da terra (nutrientes) e, conseqüentemente, exigindo recursos artificiais (fertilizantes), o que acentua, em progressão, a degradação dos solos. Sabendo que as culturas anuais e bianuais se vulgarizaram e ampliaram a todos os continentes, assiste-se hoje, no plano global, à degradação dos solos de todas as regiões do Planeta (Montgomery, 2007).

Simultaneamente, a interrupção da sucessão natural das espécies por culturas que se repetem, anual ou bianualmente, conduz à destruição do solo (erosão, desestruturação por compactação e mineralização da matéria orgânica humificada) (Primavesi, 2002) e à perda de biodiversidade (Tscharrntke et al., 2005, in Pasini, 2017), o que, por sua vez, facilita a propagação de doenças e a proliferação de pragas, bem como a conseqüente necessidade de utilização de produtos fitofarmacêuticos (pesticidas) nestas culturas.

A sequência de fenómenos de degradação generalizada do ambiente (solo, fauna e flora) tende a agravar-se, por acumulação, com o decurso do tempo. Em resultado disso, ficam comprometidos serviços do ecossistema e funções vitais como a polinização, o controlo biológico de pragas e o reabastecimento de lençóis freáticos (Butchart et al., 2010; Duru et al., 2015; Leadley et al., 2013, in Pasini, 2017).

Em face do mencionado anteriormente, compreende-se a importância do pensamento de Ernst Götsch na atualidade. Por seu intermédio, a procura da defesa do planeta, bem como da vida que nele se desenvolve (fauna e flora em inter-relação), tem na ideia motora do respeito pela sucessão natural das espécies a sua melhor expressão. Por sua vez, tem por consequência evitar o processo de degradação dos ecossistemas e, mesmo, reverter esse processo, recuperando-os.

Na procura da adequada ligação da vida das espécies ao espaço e ao tempo, embora igual para todos os seres vivos, a vida não é assumida por cada um deles da mesma maneira. A vida dos seres vivos tem ciclos e ritmos diferentes, bem como distintas exigências em relação à envolvente espacial, para além de ter durações diversas, que é preciso conhecer e, em consequência desse conhecimento, conjugar.

Ciclos de sucessão de espécies

Assim, o estudo da adequada ligação da vida de cada ser vivo com o espaço e o tempo levou Götsch (Silva, 2002) a detetar ciclos diferentes de sucessão de espécies e a classificá-los. Começou por detetar sistemas simples de colonização (sistemas de pioneiros), continuando por sistemas de acumulação (sistemas de acumuladores) até sistemas mais complexos (sistemas de abundância). E distinguiu esses sistemas pelas formas de vida presentes em cada um (diferentes espécies), pelos processos predominantes e pela quantidade e distribuição de nutrientes como o carbono, o azoto e o fósforo.

Os *sistemas de colonização*, os mais simples de todos, correspondem às primeiras formas de vida que aparecem num determinado local (p. ex., usam a quimiossíntese para obtenção de energia) e são a base de criação de formas mais complexas de vida (p. ex., as bactérias, amibas e fungos vão tornando cada vez mais complexa a matéria orgânica) (figura 6).

Os *sistemas de acumulação* caracterizam-se por acumularem carbono de forma a alcançarem o ponto ótimo de acumulação em cada lugar. Os níveis de azoto e de fósforo disponível mantêm-se, por sua vez, baixos. Além disso, ainda não há a dinâmica de ciclos hidrológicos e os animais de médio e grande porte não fazem parte destes sistemas porque estes são incapazes de produzir excedentes. Predominam as espécies fibrosas, ricas em lenhina (figura 6).

Os *sistemas de abundância*, que também se costumam chamar sistemas de escoamento por acumularem capital natural suficiente para gerar excedentes,

caracterizam-se por possuírem maior teor de azoto, e por a relação C/N ser menor, o que acelera a ciclagem de nutrientes. São sistemas com maior disponibilidade de fósforo, em consequência da atividade microbológica, o que permite a reprodução e a frutificação da vegetação, bem como o transporte de energia dos animais. Em resultado disso, são sistemas que albergam animais de diferentes portes e, inclusivamente, o homem, satisfazendo as suas diferentes necessidades biológicas. São sistemas que permitem manter níveis ótimos de quantidade e de qualidade de vida consolidada em cada lugar (Silva, 2002) (figura 6).

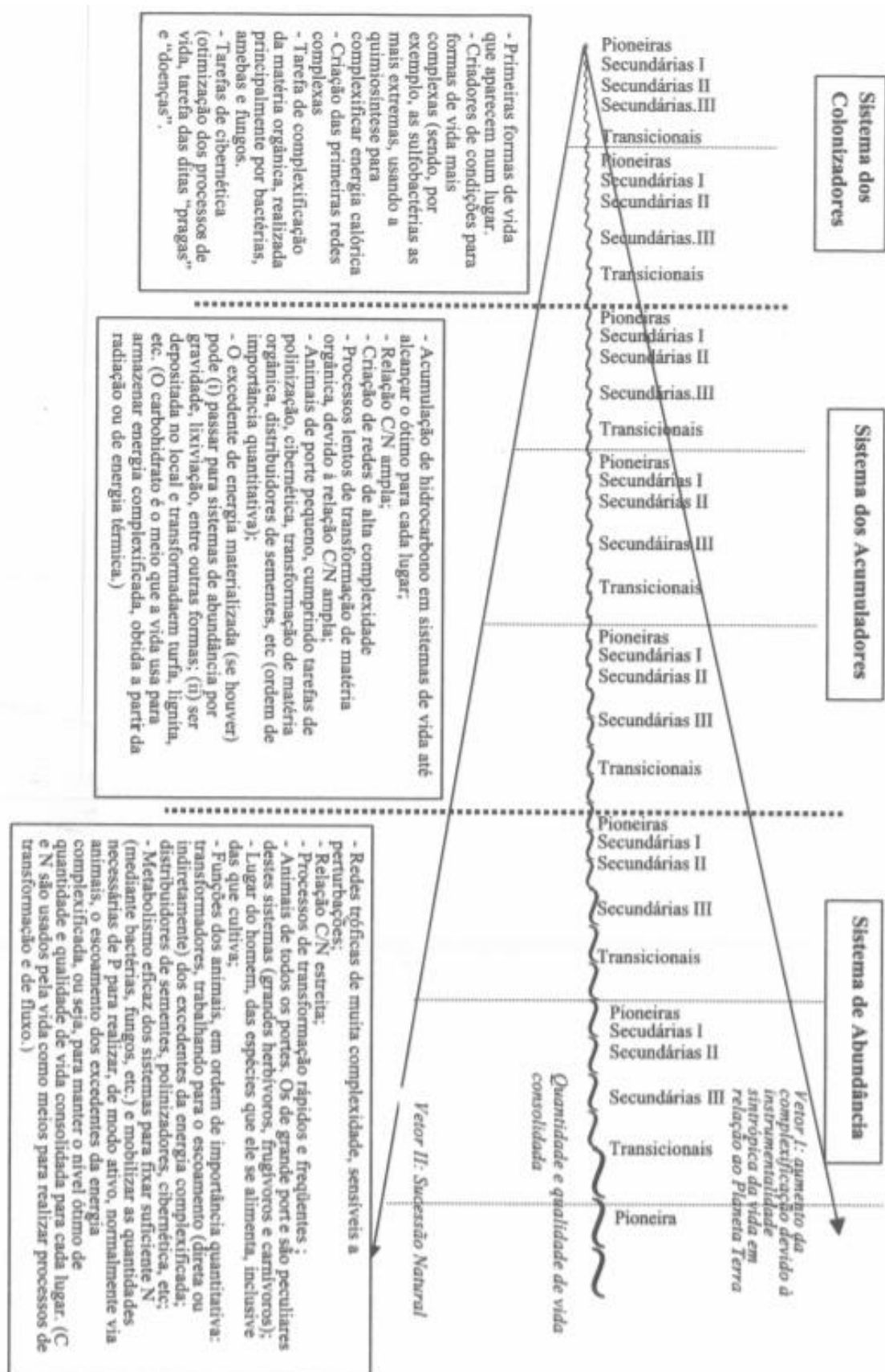


Figura 6: Dinâmicas sucessionais (Fonte: Silva, 2002)

Ciclos de vida das espécies

Qualquer que seja o sistema de sucessão de espécies em que nos situemos (sistema de colonização, sistema de acumulação ou sistema de abundância), as espécies não têm idênticos ciclos de vida, mas é da ausência dessa identidade que resulta o desenvolvimento harmónico de cada sistema.

Tendo presente esta ideia, Ernst Götsch (Silva, 2002) analisou grupos de espécies que entre si se relacionam harmonicamente (consórcios) e distinguiu-os em função da sua expressão temporal: *placenta*, que englobam grupos de plantas de ciclo curto (até dois anos), *secundárias*, que integram plantas de ciclo médio (até 80 anos) e *primárias*, da qual fazem parte plantas de ciclo longo (até 200/300 anos). Estas duas últimas categorias podem-se subdividir em I, II e III, por forma a diferenciar a longevidade dos seus ciclos de vida. As espécies pioneiras também são mencionadas por serem as primeiras a adaptar-se a uma determinada região. Há ainda um grupo de espécies, as transicionais, com um ciclo de vida muito longo (milhares de anos).

O conhecimento dos diferentes ciclos de vida das espécies, aliado ao conhecimento do relacionamento dessas espécies com o espaço em que vivem, vai permitir a seleção das que irão integrar o sistema agroflorestal de sucessão. Um exemplo de espécies enquadradas nos seus ciclos de vida, para clima temperado, foi apresentado por Schulz (2016), o qual se evidencia na Figura 7.

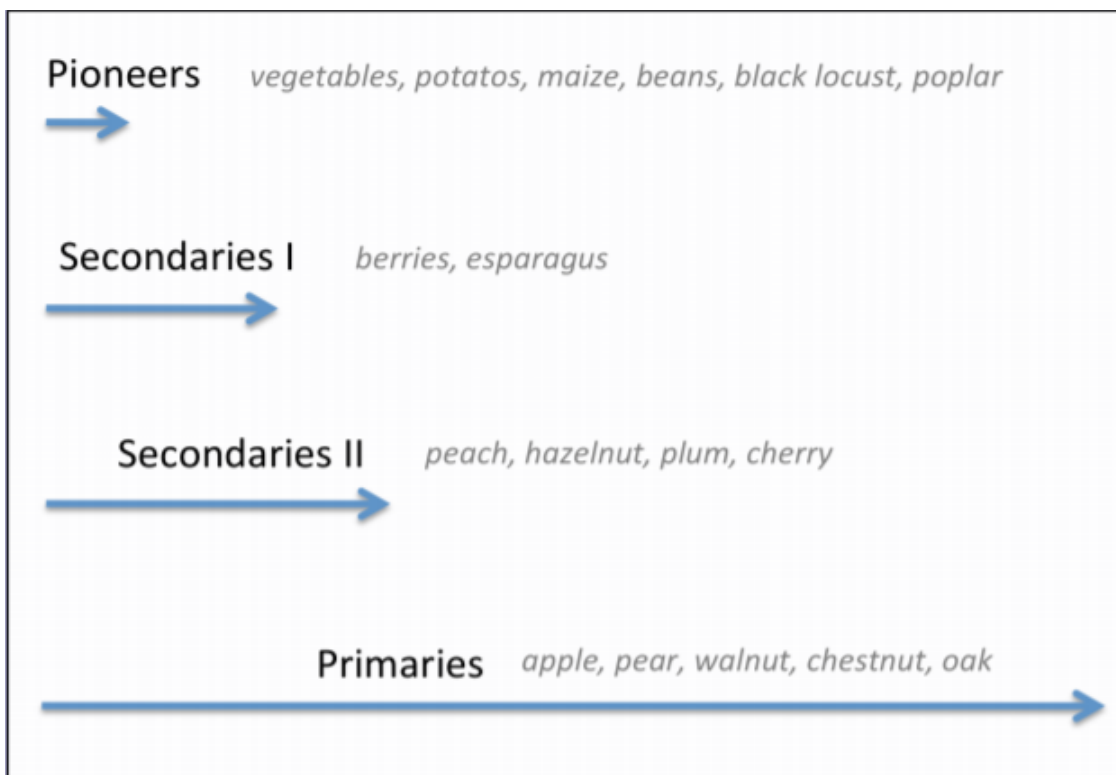


Figura 7: Exemplo de espécies enquadradas nos seus ciclos de vida, para clima temperado (Schulz, 2016)

Cooperação entre espécies

Não basta o conhecimento dos ciclos de vida das espécies e o conhecimento do relacionamento dessas espécies com o espaço em que vivem (solo/clima). É também necessário conhecer o modo de relacionamento entre as espécies. Com efeito, o pressuposto, a que anteriormente se aludiu, respeitante à intra- e inter-relação das espécies, aponta no sentido de que as espécies interagem, afetam-se e entreeajam-se. *«No desenvolvimento de um sistema, não há competição entre os diferentes consórcios de espécies e entre as espécies dos consórcios que os compõem. Existe, no entanto, uma relação de criador e criados entre os consórcios com ciclo de vida mais curto e aqueles com ciclo mais longo. Ademais, entre as espécies de cada consórcio, existem relações de natureza complementar enquanto estrato a ser ocupado e função a ser cumprida.»* (Götsch, 1995).

Em consequência do que se afirma, toda e qualquer ação de um agricultor no sistema de agrofloresta de sucessão tem de ter bem presente esta realidade e as suas promovidas sinergias, fugindo de escolhas aleatórias de espécies, nomeadamente escolhas baseadas em razões somente económicas ou outras, sob pena de se introduzirem desequilíbrios no sistema.

Estratificação

A partir da altura relativa da espécie vegetal adulta, é possível categorizar as espécies dentro de diferentes estratos, concretamente: rasteiro, baixo, médio, alto e emergente. A observação da estratificação florística original de um local expressa a organização ideal que facilita a assimilação e complexificação de energia (mecanismos sintrópicos) que são, em muitos casos, dinamizados por processos termodinâmicos intimamente relacionados com os estratos da vegetação.

A estratificação consiste precisamente na otimização tanto da dimensão horizontal (comprimento e largura) quanto da dimensão vertical (diferentes alturas), otimização que deve ser mantida em cada fase do processo sucessional, garantindo não só a maximização da fotossíntese como o não aparecimento e desenvolvimento de infestantes (ervas espontâneas).

Da estratificação, quando corretamente realizada, resulta uma conveniente distribuição da luz e da sombra em cada estrato ou patamar do sistema, de que beneficia o conjunto das espécies e o seu desenvolvimento, bem como uma adequada ocupação do espaço (quadro 1).

Por outro lado, decorre também da correta realização da estratificação a possibilidade de criação de condições de sombra essenciais para espécies de ciclo longo (efeito de um viveiro), porquanto estas espécies são, nos primeiros momentos de vida (fase de plântula), protegidas por espécies de ciclo curto (integrantes da placenta).

Quadro 1: Percentagem de ensombramento de cada estrato (Fonte: Adaptado de Pasini, 2017)

Estrato	Média de ocupação
15-25% de ensombramento por emergentes	20%
30-40% de ensombramento por altas	35%
50-60% de ensombramento por médias	55%
80-90% de ensombramento por baixas	85%
10-20% de ensombramento por rasteiras	15%
Total	210%

Quanto à garantia do equilíbrio do ecossistema, a mimetização da sucessão natural, defendida por Götsch (1995), não significa, porém, que este defenda a não intervenção no processo de desenvolvimento das espécies cultivadas. Pelo contrário. O conhecimento acumulado sobre o desenvolvimento de cada espécie e do conjunto das espécies deve, considera o mesmo autor, ser incorporado no sistema de agrofloresta de sucessão, implicando, por isso, não só uma constante atenção ao desenvolvimento do consórcio e à evolução de cada espécie, mas também uma intervenção adequada no processo de evolução. «*A agricultura sintrópica*», afirma Ernst Götsch, «*não é de inputs, mas de processos*».

Com efeito, não há dois sistemas de agrofloresta idênticos, pois todos dependem das condições edafoclimáticas.

Além disso, apesar da tendência para o equilíbrio do ecossistema em que se insere, o sistema de agrofloresta de sucessão não está imune ao desenvolvimento de pragas e doenças, em razão de alguma deficiente seleção das espécies, alguma eventual falha de acompanhamento da sua evolução ou, mesmo, da imprevisibilidade das condicionantes e agentes do sistema. Na perspectiva de Götsch (1995), as pragas e doenças só entram no sistema e nele proliferam em virtude de desequilíbrios que atuam como «*o sistema imunológico do planeta*». Ainda para este autor, compreender o modo como o sistema imunológico da Terra funciona e colocar esse conhecimento ao serviço da evolução da agrofloresta de sucessão cria formas de agir diferentes, abrindo espaço

a que se não lute contra estes agentes (pragas e doenças), mas antes com eles se aprenda.

A ideia chave do mencionado anteriormente reside no seguinte: sabendo que a sucessão natural equilibra ambientes naturais, a agricultura pode também viver do mesmo espírito e, mimetizando a sucessão natural, servir para regenerar ecossistemas degradados, desde logo os resultantes da introdução generalizada das monoculturas.

Compreende-se, assim, que os complexos ciclos de água e de nutrientes, que têm a sua própria dinâmica, apoiados na sucessão, se distanciem do recurso a irrigação e a fertilização artificiais, uma vez que se entende que estas técnicas são contraproducentes, porquanto, longe de equilibrarem o sistema, o desequilibram, deteriorando-o (Primavesi, 2002).

A visão holística de Götsch (1995) apoia-se no relacionamento global das partes integrantes do sistema, seja na perspetiva sucessional (tempo), seja na perspetiva do local e suas condicionantes (lugar), procurando replicar ou potenciar a referida dinâmica em benefício da agricultura. Traduz, assim, uma abordagem completamente distinta daquela que não se preocupa nem tem minimamente em conta as múltiplas relações que se estabelecem ao longo do processo de desenvolvimento das espécies, e que, não se preocupando com isso e intervindo artificialmente, interrompem ou abreviam a sucessão.

Torna-se claro que o sistema de agrofloresta de sucessão, para Ernst Götsch, se apoia numa específica ideia motora, a da garantia do equilíbrio do ecossistema. Pode enunciar-se esta ideia da seguinte forma: seja no momento inicial seja no momento da evolução de um sistema agroflorestal de sucessão, há necessidade de ter uma visão global, de conjunto, que garanta o equilíbrio do ecossistema em que o sistema agroflorestal de sucessão se integra.

Relativamente aos consórcios de espécies e sua completude, Ernst Götsch utilizou mesmo uma sugestiva metáfora, em que acentua que *«plantar poucos elementos é o mesmo que querer criar uma criança e pensar apenas no dedo, no nariz ou no estômago dela. A criança é um macro-organismo. É preciso olhar para o macro-organismo. Assim também deveriam ser nossas plantações»* (Pasini, 2017). O mesmo autor, considera ser decisivo olhar para os consórcios de espécies como uma realidade única, complexa, integrando plantas, animais, micro-organismos e elementos, que se dispõem e distribuem entre si de forma tal que promovem o acréscimo energético do todo.

Os consórcios de espécies são, em consequência, para Götsch (1995), «*o fator crítico e determinante da saúde e das taxas de crescimento, bem como da produtividade do sistema*». Para ele, a composição e a densidade dos indivíduos da comunidade de plantas favorecem a fotossíntese e as relações sinérgicas tendo, em termos relativos, no todo do sistema agroflorestal, maior peso do que a fertilidade inicial do solo. Assim, à criteriosa escolha de espécies, deve juntar-se uma elevada biodiversidade, já que da conjugação de ambas resulta o bom funcionamento da sucessão natural no seu complexo contexto, local e temporal.

Em suma, os consórcios devem tender para a sua completude, daí decorrendo a saúde, as taxas de crescimento e produtividade do sistema agroflorestal como um todo.

É, desde a primeira hora, claro que a mimetização da sucessão natural das espécies, proposta por Ernst Götsch, implica conhecimentos diversificados em diferentes áreas científicas (geologia, biologia, agronomia, ecologia, entre outros) e, se tudo ocorrer corretamente, como previsto, será praticamente nula a intervenção artificial.

Porém, a capacidade humana de errar é um facto indelével, como também o é hoje a imprevisibilidade de antecipar todos os resultados das múltiplas interações no plano ambiental, porque «*tudo depende de tudo*», como lembra Rachel Carson (1969). A intervenção humana torna-se, nestes casos, necessária, a fim de rapidamente suprir eventuais falhas e desequilíbrios. Além disso, a intervenção humana pode também justificar-se como forma de potenciar os processos naturais. Exemplos são a monda seletiva ou as podas.

Monda seletiva

Sempre que se detetem erros de planeamento ou de implementação do sistema de agrofloresta de sucessão, Götsch (1995) propõe soluções, nomeadamente que se recorra à monda seletiva, tendo por objetivo remover as espécies vegetais que introduzem desequilíbrios no design.

Identificam-se cinco situações em que os referidos problemas de planeamento ocorrem. Em primeiro lugar, quando a espécie pertence ao passo sucessional diferente daquele que domina no momento; em segundo lugar, quando o estrato que a espécie ocupa já está a ser ocupado por outra espécie cultivada; em terceiro lugar, quando o ciclo de vida da espécie não está sintonizado com os demais integrantes do consórcio, seja porque

atinge a maturação muito rapidamente ou muito lentamente; em quarto lugar, quando se entende dever substituir-se uma espécie menos eficiente por outra mais eficiente e, em quinto lugar, quando se verifica ser possível substituir uma espécie espontânea por uma com valor comercial.

Poda

A poda é fundamental para as transformações que ocorrem e para a aceleração da sucessão natural. Pode ser resultado de intervenção humana ou de agentes bióticos ou abióticos.

Através da poda, não só se favorece a produção primária de biomassa como se cria um constante ambiente de ciclagem e aumento de nutrientes orgânicos e inorgânicos. Além disso, a poda maximiza a fotossíntese e acelera a capacidade de o sistema metabolizar e converter energia em formas mais complexas de vida (figura 8).

Em regra, Götsch (1995) inclui nos designs do sistema agroflorestal de sucessão espécies com grande tolerância à poda, para que esta possa ter lugar frequentemente e introduza no sistema grandes quantidades de biomassa. Com esta atuação, o sistema como um todo mantém-se saudável e o solo recebe um incremento de nutrientes que o revigora e se repercute no desenvolvimento das espécies (Youkhana e Idol, 2009). Propõe ainda que o material podado seja, de seguida, triturado, para que, quando for depositado no solo, possa aumentar a superfície de contato do material lenhoso e, assim, estimular a ação de insetos, fungos e bactérias (Coppens et al., 2007).

Assim, Ernst Götsch inclui no design do sistema de agrofloresta de sucessão, no quadro de uma estratégia de recuperação de solos, espécies que têm grande capacidade de produção de biomassa – eucalipto (*Eucalyptus sp*) e acácia (*Acacia mangium*). E tudo porque estas espécies, provenientes de ecossistemas mais pobres e degradados, têm a capacidade de processar grande quantidade de energia em curtos períodos (metabolismo rápido), mesmo em condições adversas, isto é, em solos difíceis, atingindo rapidamente a maturidade para a poda, que suportam de uma forma expressiva, retornando, em consequência, muitos nutrientes ao solo. Na perspetiva de Ernst Götsch, tais espécies são consideradas “espécies de serviço”, porquanto preparam o solo para o estabelecimento e desenvolvimento de espécies mais exigentes. Um exemplo em que a poda pode favorecer a sucessão natural de espécies em consórcio é apresentado no gráfico da Figura 8 (Pasini, 2017). Este mostra uma nítida interação de três espécies em consórcio, milho (*Zea mays*), mamão (*Carica papaya*) e

cacau. A poda é realizada no milho, quando a planta está madura (fisiologicamente) e as outras duas espécies vêm, assim, o seu crescimento potenciado. Em seguida verifica-se o mesmo com a poda e eliminação das plantas maduras no mamão, o que favorece a sucessão natural e o crescente crescimento do cacau (Pasini, 2017).

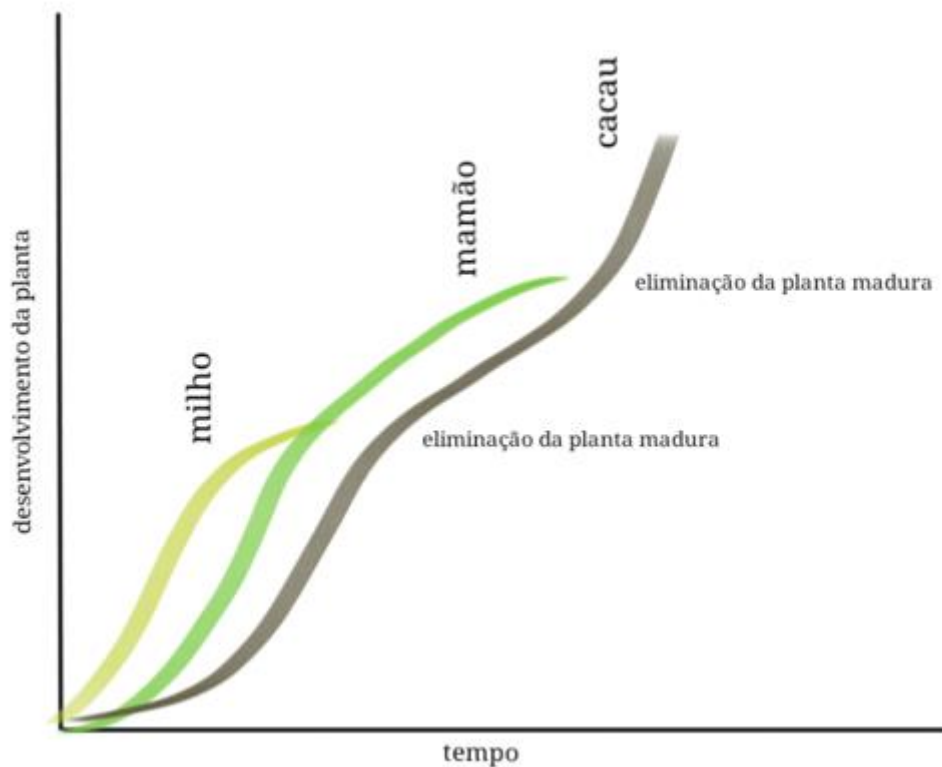


Figura 8: Influência da poda ou eliminação dos indivíduos maduros, no crescimento do sistema
(Fonte: Pasini, 2017)

2.3. Potenciais benefícios do sistema agroflorestal de sucessão na Europa

Os pressupostos em que assenta o sistema de agrofloresta de sucessão bem como as suas ideias motoras, enunciadas anteriormente, permitem antever benefícios em vários quadrantes nomeadamente ecológico, económico e social, se o sistema agroflorestal de sucessão for introduzido na Europa.

Com efeito, a Europa já conheceu, e conhece ainda hoje, várias modalidades de sistemas agroflorestais, embora não o sistema agroflorestal de sucessão. Esta está a ser experienciada em vários locais, em pequena escala, por força do saber e do entusiasmo do seu mentor, Ernst Götsch, um suíço que vive no Brasil, na região sul da Baía e onde possui, há décadas, uma extensão de terreno com cerca de 7 ha, na qual utiliza o sistema de agrofloresta de sucessão.

2.3.1. Benefícios em pequena escala

Entre os benefícios suscetíveis de serem associados ao sistema agroflorestal de sucessão para a agricultura de pequena escala, na Europa, encontram-se os baixos custos em maquinaria.

Com efeito, são relativamente escassas as intervenções humanas no sistema, em regra, intervenções dependentes seja de deficiências de *design* ou de implementação, seja de necessidades de poda (Schulz, 2016).

Um outro benefício consiste no facto de a combinação de vários estratos produtivos tornar o sistema agroflorestal de sucessão muito eficiente no uso da área.

Além disso, a resiliência do sistema agroflorestal de sucessão a pragas e doenças é conseguida através da grande biodiversidade, o que pode considerar-se uma vantagem face aos outros sistemas agrícolas europeus (Milz, 2009; Schulz, 2011).

Acresce que a diversidade de culturas para o pequeno agricultor, resultante do sistema agroflorestal de sucessão, aumenta a sua capacidade de resistir a flutuações do mercado, seja no que respeita a falhas de produção seja no que respeita a produção em excesso (redução do risco) (Schulz, 2011).

Quanto à fertilidade do solo, esta é melhorada significativamente através da cobertura do solo por culturas perenes, bem como por fomentar a ciclagem de nutrientes local (Schulz, 2016).

Ainda, o sistema agroflorestal de sucessão, como não necessita de *inputs* externos, promove ganhos extra, além de que dá origem a produtos de elevada qualidade (Schulz, 2016).

2.3.2. Benefícios em escala ambiental

Numa outra escala, importa mencionar que o sistema agroflorestal de sucessão pode traduzir uma opção adequada para zonas-tampão que se encontram na proximidade de zonas de conservação ou de corredores de conexão migratória (Perfecto e Vandermeer, 2010, in Schulz, 2016).

Além disso, o sistema agroflorestal de sucessão pode apresentar-se como um componente essencial em zonas de vulnerabilidade ambiental e, em concreto, como parte integrante da estratégia europeia da *Green Infrastructure* (Tzoulas et al., 2007, in Schulz, 2016).

Refira-se ainda o elevado potencial do sistema agroflorestal de sucessão sempre que esteja em causa a reabilitação de áreas degradadas com reflorestação (Perfecto e Vandermeer, 2010, in Schulz, 2016).

Finalmente, o sistema agroflorestal de sucessão contém uma promessa de intensificação agrícola sustentável, a explorar (Schnatmann, 2006, in Schulz, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experiência portuguesa na Herdade do Freixo do Meio. Sua caracterização

O projeto de montado, na Herdade do Freixo do Meio, nasce, no passado recente, com uma visão própria, uma missão específica, uma vocação particular, uma inspiração.

Com efeito, em 1990, a herdade inicia um processo de regresso ao passado, isto é, volta a ser gerida por uma geração de pessoas que pretende retomar o desafio de abordar como um bem comum. Com esta visão, abre-se uma janela de oportunidade para o que será a missão neste espaço: *‘a missão de construção de uma comunidade no seu entorno, democrática, inclusiva, transparente, autónoma e resiliente’*, vocacionada, de um lado, para o respeito e a melhoria constante do seu relacionamento com os recursos naturais e, de outro, para o permanente incentivo ao desenvolvimento pessoal. Não é de espantar que se tenha desenvolvido sob inspiração das Éticas da Agroecologia, da Permacultura e da Soberania Alimentar (Mestre Alfredo Cunhal Sendim, comunicação pessoal).

Começa-se por evidenciar ter a floresta mediterrânea da Herdade do Freixo do Meio passado por uma transformação, vinda da Idade Média, que deu origem ao montado, isto é, um sistema agro-silvo-pastoril de agrofloresta e de uso múltiplo, que permitiu chegar às primeiras três décadas do século passado sem recorrer ao uso de qualquer fator de produção externo aos respetivos ecossistemas.

Várias práticas e abordagens, destinadas a intensificar as atividades agrícolas de modo convencional, produzidas desde então até ao final do século, conduziram, numa visão holística, com foco na agroecologia, a importantes conclusões: de um lado, permitiram verificar que os recursos naturais estavam a escassear e, de outro, em consequência desse rarear de recursos, tornaram-se patentes os desequilíbrios do sistema, desde logo nos planos social, agrícola e ecológico.

Recuperar o modelo de montado na herdade foi o desafio iniciado no atual século XXI, um desafio que consiste no restabelecimento do solo e dos diferentes estratos do sistema (arbóreo, arbustivo e herbáceo), baseados em ecossistemas complexos e em ciclos de fertilidade naturais e locais.

Com esse objetivo, e conhecendo os ensinamentos da agricultura sintrópica, o proprietário e gestor da Herdade do Freixo do Meio decidiu fazer o cruzamento de um modelo milenar de cultura (montado) com a recentíssima teoria de Ernst Götsch, num

regresso ao passado que nunca existiu. De forma continuada, procurou, então, desenvolver os sistemas naturais de produção, agregando à melhoria contínua do ecossistema a permanente produção de bens.

3.2. Caracterização geral da região

A Herdade do Freixo do Meio localiza-se na fronteira geológica existente entre o Alto Alentejo e o Ribatejo, junto à aldeia dos Foros de Vale de Figueira, no concelho de Montemor-o-Novo, a cerca de 8 Km do centro urbano de Montemor-o-Novo. Tem a dimensão aproximada de 560 ha (figura 9).

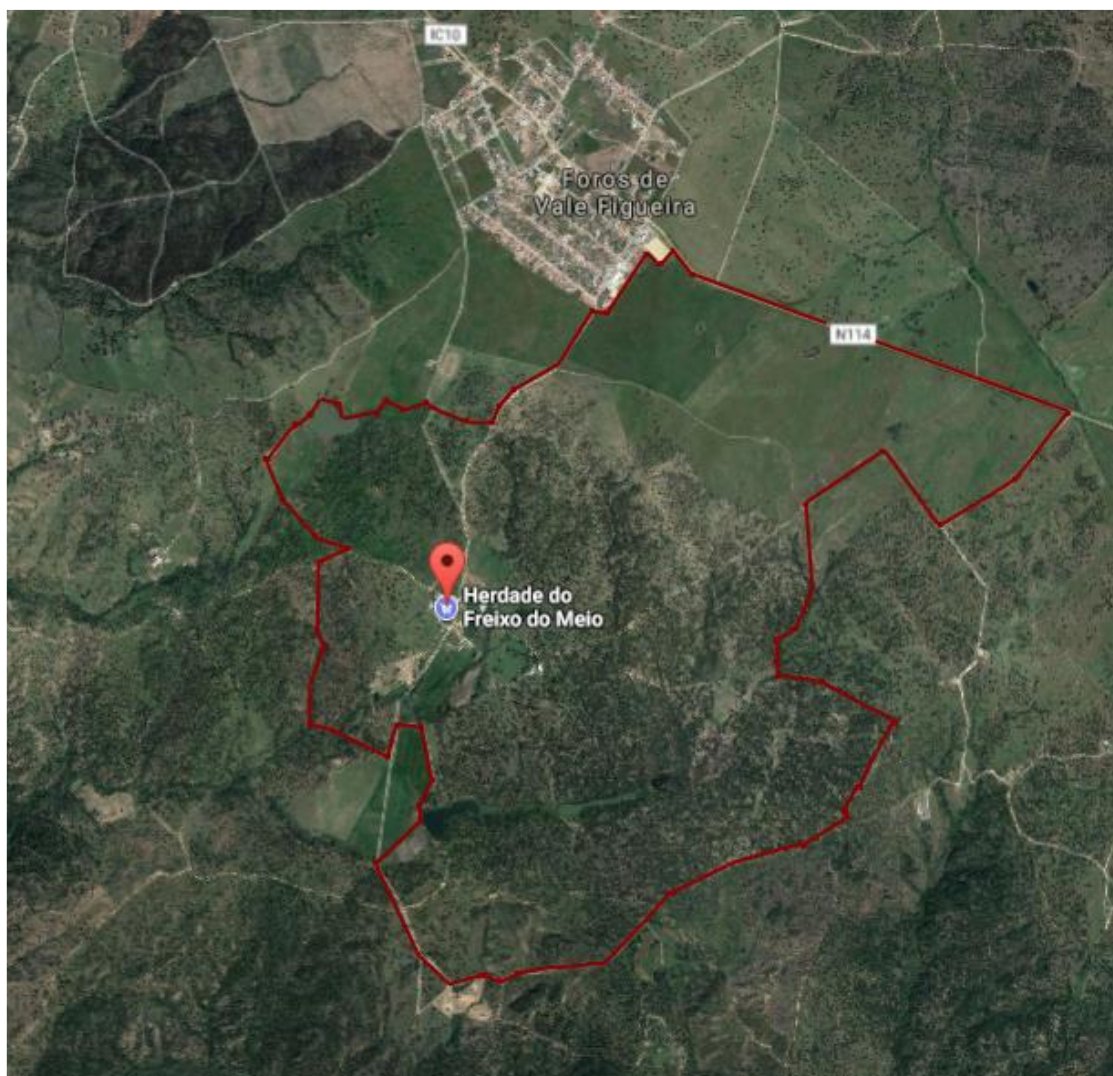


Figura 9: A Herdade do Freixo do Meio e correspondentes limites (Fonte: Rosa, 2017)

3.2.1. Caracterização climática

Tendo em consideração os parâmetros de interesse para a Classificação Climática de Köppen, que são a temperatura média mensal do mês mais frio (janeiro), do mês mais quente (agosto) e o facto de o verão ser seco, a região onde se insere a herdade tem um clima tipo Csa, ou seja, um clima temperado com Verão seco e quente (Teixeira, 2016).

O clima mediterrânico caracteriza-se por ter verões quentes a muito quentes e secos, que duram, pelo menos, três meses, e invernos húmidos e temperados ou frios. No clima mediterrâneo, a precipitação apresenta uma grande variabilidade, intra e inter-anual, podendo oscilar entre 300 e 800 mm anualmente, e concentrar-se mais numa estação do que noutras (essencialmente na Primavera e no Inverno).

Assim, na região da herdade, a precipitação média mensal, registada entre 1976 e 2006, foi de 51,3 mm (Câmara Municipal de Montemor-o-Novo, 2009). A maior parte (67,4%) da precipitação total anual concentrou-se entre novembro e fevereiro. Neste período, os meses de julho e dezembro foram os que registaram, respetivamente, o valor mais baixo (5,9 mm) e o mais elevado (96,2 mm) (Figura 10). Devido à escassez e irregularidade das precipitações, a seca é, nesta região, um fenómeno relativamente frequente, com intensidade e efeitos variáveis no espaço e no tempo (Câmara Municipal de Montemor-o-Novo, 2009) (Costa, 2013).

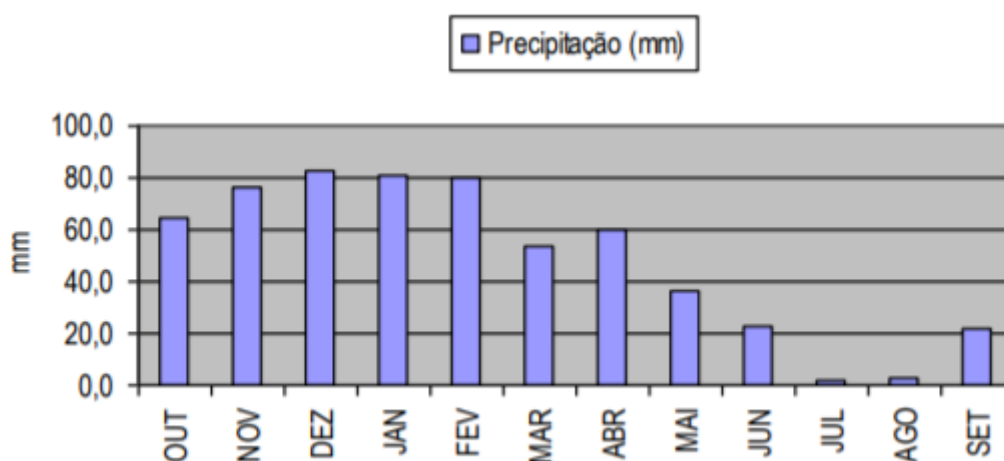


Figura 10: Valores da precipitação média mensal num período de 30 anos, entre 1976 e 2006, da estação meteorológica de Évora (Fonte: Teixeira, 2016)

Os dados de 30 anos de precipitação e temperatura registados pela estação meteorológica de Évora (figuras 10 e 11), cujas coordenadas geográficas são: latitude 38° 56' N, longitude -7° 09' O Gr. e altitude 300 m.

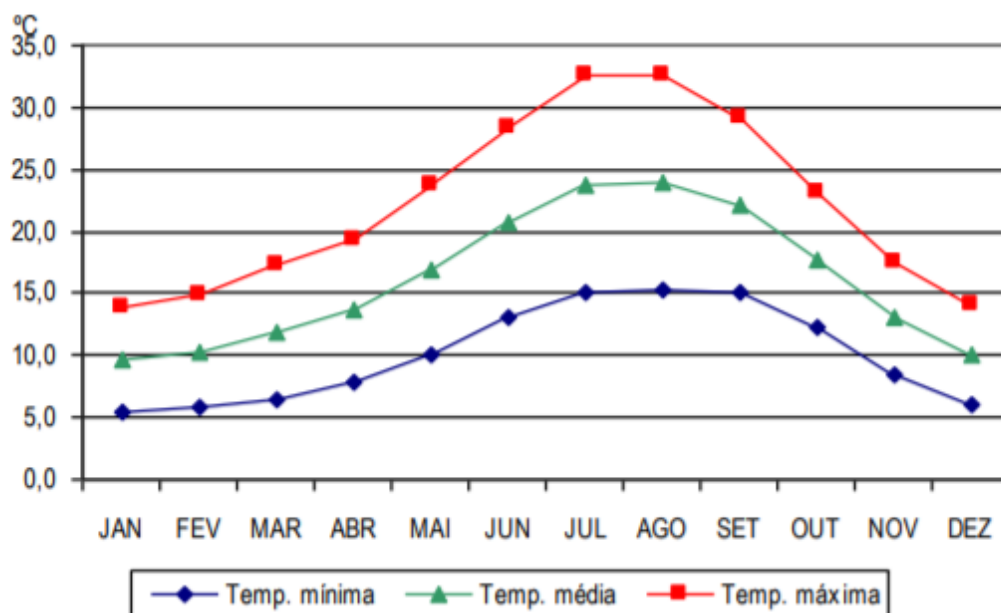


Figura 11: Temperaturas mínimas, máximas e médias diárias (médias mensais) num período de 30 anos, entre 1976 e 2006, da estação meteorológica de Évora (Fonte: Teixeira, 2016)

Efetivamente, nas «latitudes mediterrâneas (30° - 40°) faz-se sentir alternadamente o efeito dos ventos húmidos vindos do ocidente (do mar), no Inverno, amenizando o frio continental; e dos ventos secos e quentes, no Verão, associados às altas pressões subtropicais. Durante o Inverno, a bacia mediterrânea está também sujeita aos ventos provenientes do Atlântico Norte. Estas massas de ar frio e húmido aquecem quando atingem o quente mar mediterrâneo, formando depressões. As depressões resultam, por sua vez, em pequenos períodos de chuvas intensas, provocando uma fácil erosão das terras. Já no Verão, o anticiclone dos Açores desloca-se para norte, enquanto os ventos quentes e secos sobem desde o litoral do Saara (vento siroco)» (Herdade do Freixo do Meio, consultado a 10 de novembro de 2019).

Em suma, a caracterização climática da região, que se acaba de enunciar, evidencia as principais limitações, mas também as potencialidades da agricultura que aí se pretenda desenvolver. Com efeito, conhecendo as ideias motoras do pensamento de Ernst Götsch (1995), nomeadamente a do encontro da vida com o espaço e o tempo, e a da completude dos consórcios de vegetação (segunda e quarta ideias motoras do sistema

agroflorestal de sucessão), o carácter irregular e, por vezes, agreste, do clima cria condições para criar, com o intuito de colmatar as muito prováveis perdas, sobretudo por erosão, uma estrutura mais sólida e com maior capacidade resiliente.

3.2.2. Caracterização da vegetação e do solo

Passando a caracterizar a vegetação da região, com base no trabalho de Rosa (2017), refere-se, em detalhe, a predominância, nas zonas mais quentes, de murta (*Myrtus communis*), azinheira (*Quercus rotundifoliae*), aroeira (*Pistacia lentiscus*), palmeira-vassoureira (*Chamaerops humilis*), granza-brava (*Rubia peregrina*), medronheiro (*Arbustus unedo*), torga (*Erica arbórea*), trovisco (*Daphne genidium*), lentisco (*Phillyrea angustifolia*), *Ristolochia baetica*, sargaço-branco (*Taeucrium fruticans*), gilberdeira (*Ruscus aculeatus*), madressilva (*Lonicera implexa*), retama (*Osyris alba*) ou carrasco (*Quercus coccifera*), bem como outras espécies menos frequentes, como os tojos (*Ulex spp.*), giestas-bravas (*Genistas spp.*) ou codeços (*Adenocarpus spp.*).

Por sua vez, nas zonas que, por natureza (condicionantes abióticos), são mais húmidas, a vegetação predominante é a seguinte: sobreiro (*Quercus suber*), salsaparrilha-brava (*Smilax aspera*), pereira-brava (*Pyrus bourgaeana*), aderno-bastardo (*Rhamnus alaternos*), folhado (*Viburnum tinus*), hera (*Hedera ibérica*), roselha (*Cistus crispus*), sanganho (*Cistus psilosepalus*), sargação (*Cistus monspeliensis*), *Thapsia nítida*.

Há, ainda, vegetação menos comum, como urze-roxa (*Calluna vulgaris*) ou tápsia (*Thapsia villosa*), entre outras espécies decorrentes da regeneração natural produzida ao longo das duas últimas décadas, porquanto, nesse período, o montado da herdade viveu sem pastoreio nem gado em excesso (Rosa, 2017).

Quanto à vegetação espontânea do caso de estudo, esta não foi escolha para integrar o consórcio de espécies por se tratar de vegetação espontânea sem interesse comercial. Foram encontradas as seguintes espécies: dente de leão (*Taraxacum officinalis*), tremoceiro de folhas estreitas (*Lupinus angustifolius*), erva-polvinhenta (*Andryala laxiflora*), lâmio-roxo (*Lamium purpureum*), malva (*Malva silvestres*), erva-canária (*Stellaria media*), agulheira-moscada (*Erodium moschatum*), oruga-brava (*Diplotaxis tenuifolia*), erva-azeda (*Rumex acetosella*), bolsa-de-pastor (*Capsella bursa-pastoris*), balanço (*Avena sterilis*), corrijó (*Plantago lanceolata*), hortelã-brava (*Menta suaveolens*) e urtiga (*Urtica dioica*).

Sendo as espécies de vegetação na região as referidas, fica conhecida a variedade de intervenientes da flora que, através da sucessão natural, a primeira ideia motora do sistema agroflorestal de sucessão, deverá interagir com outras espécies de interesse para garantir o equilíbrio do ecossistema, presente na terceira ideia motora do sistema agroflorestal de sucessão.

Os solos da herdade são, predominantemente, solos argiluvados, pouco insaturados (Sr), de acordo com a classificação portuguesa (Cardoso, 1974) e lixissolos de acordo com a WBR 2014.

3.3. Principais etapas da construção do sistema agroflorestal de sucessão

Assim, o desafio de cruzar o modelo de montado com a agricultura sintrópica, na Herdade do Freixo do Meio, implicou consciencializar o facto de que a experiência a desenvolver comportaria uma escolha alargada de espécies vegetais, muito para além das que até aí integravam a agricultura praticada na herdade. Por exemplo, de imediato se pensou incluir mais árvores de fruto a complementar os sistemas de olival e os típicos sobreiros e azinheiras, acentuando, nas espécies menos exploradas dos estratos arbóreos e arbustivos, e misturando-as, tendo presente as suas diferentes ocupações espaciais, quer na vertical quer na horizontal.

Entendeu-se que a diversificação vegetal, assim enunciada, permitiria obter, além do mais, um maior e melhor aproveitamento da radiação solar e uma consequente eficiência do uso energético (Altieri, 2004). E tudo porque se sabe que uma boa gestão da interseção da radiação solar através da poda permitirá retirar vantagens concretas, nomeadamente melhorar a fotossíntese, o que, por sua vez, irá eliminar a necessidade de utilizar fertilizantes externos, desde logo químicos, quinta ideia motora do sistema agroflorestal de sucessão.

O enriquecimento da vegetação, obtido deste modo, permite também alcançar um outro objetivo, concretamente o de criar, a prazo, na herdade, uma empresa agrícola mais diversa e economicamente sustentável.

3.3.1. Enriquecimento do projeto agroflorestal do Olival do Forno

Ciente da importância da diversificação da vegetação, foi necessário proceder à escolha do local onde o projeto poderia ser implementado, bem como à determinação da sua dimensão no terreno. Neste sentido, foram definidos três terrenos onde o projeto se iria

desenvolver. Tenha-se, porém, presente que o estudo detalhado, que ora se empreende, incidiu só sobre um deles, em concreto o primeiro que foi instalado, designado por Olival do Forno.

A parcela de terreno designada olival do forno tem 0,5 ha de olival tradicional, com espaçamento de 10 por 10 metros (figura 12).

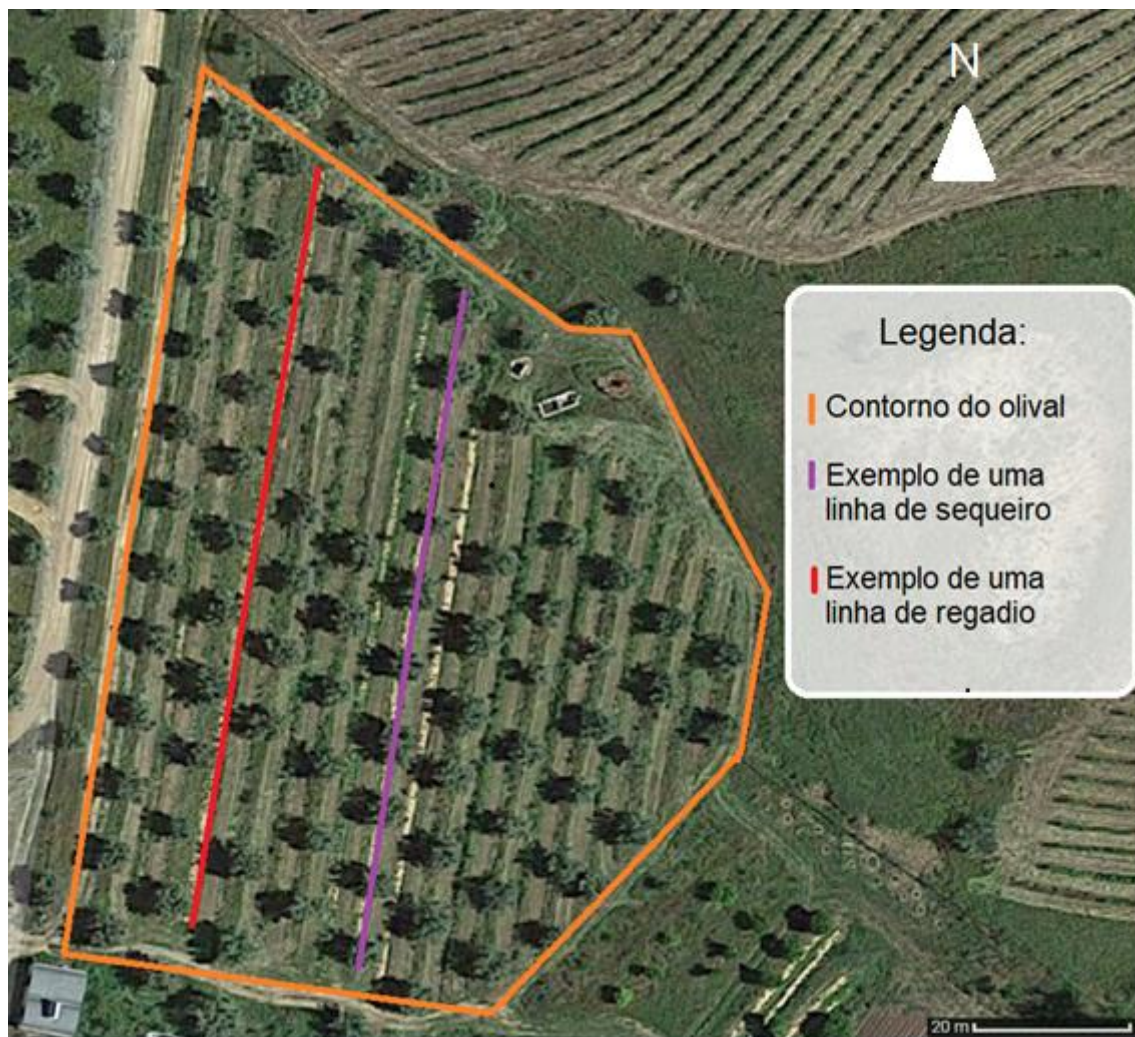


Figura 12: Imagem de satélite com contorno da parcela de terreno: Olival do Forno. (Fonte: Google)

3.3.1.1. Antecedentes culturais: percurso breve

O Olival do Forno foi implantado nos anos 50 do século passado, tendo, consequentemente, cerca de 60/70 anos.

Até ao ano agrícola 2015/2016, a ocupação era feita sazonalmente, por ovelhas que pastoreavam o terreno. No inverno de 2015, implementaram-se linhas de hortícolas na entrelinha, como se apresenta em esquema na figura 13, exatamente a 5 metros de distância das linhas de oliveiras com instalação, em cada linha, de dois tubos de rega.

Esta intervenção, que permitiu a criação de uma linha de hortícolas no meio das linhas de oliveiras, passou pela fase de abertura de um orifício de 1,5 m de profundidade, seguida da introdução dos seguintes materiais, considerados por ordem de entrada: madeira grossa, estilha, pó de carvão e alguma da terra do local misturada com composto e, no fim, pó de cortiça.

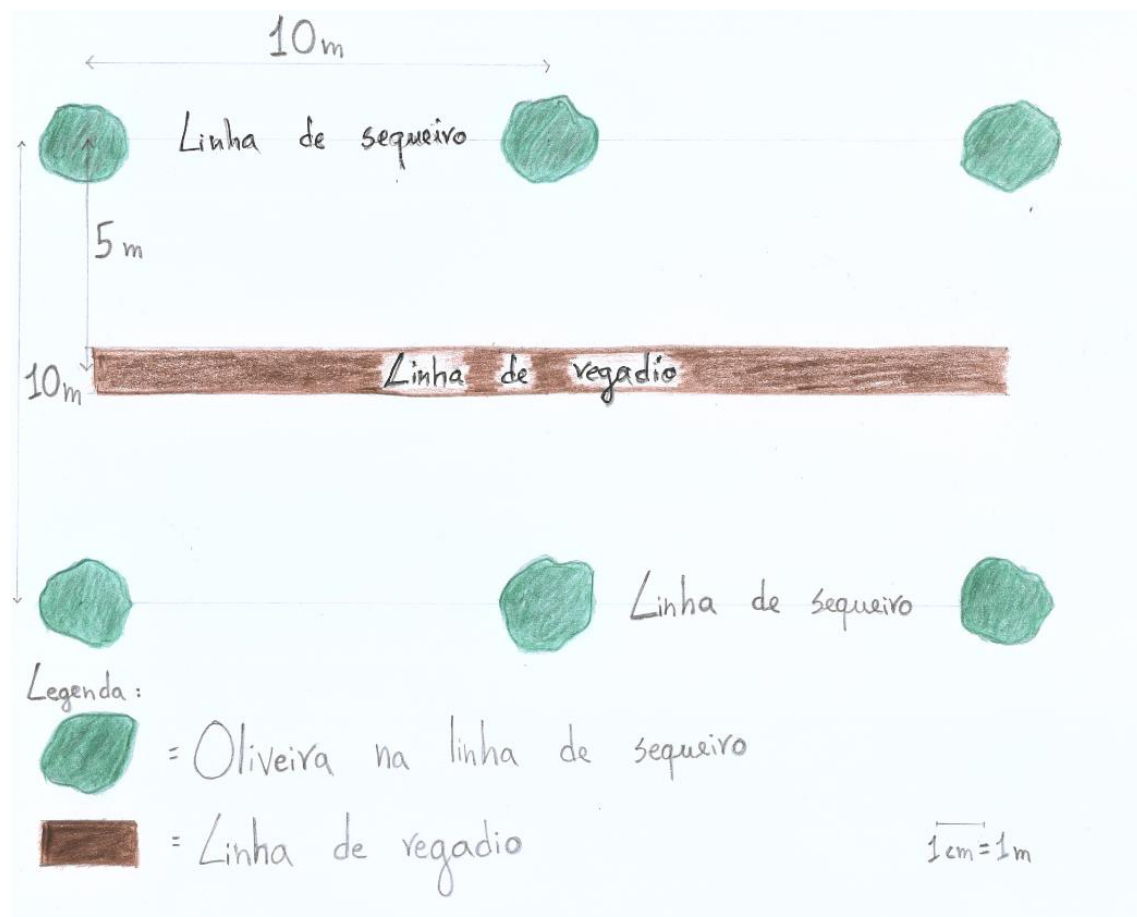


Figura 13: Esquema base do olival do forno a partir do Inverno de 2015

Em março de 2018, a convite da herdade, Ernst Götsch dirige, no local, uma ação de formação e inicia os trabalhos de implementação do sistema sintrópico. A figura 14 mostra uma imagem do Olival do Forno depois da sua presença na herdade.



Figura 14: Imagem aérea da parcela de Olival do Forno em março de 2018 (Fonte: *Agenda Götsch*, consultada a 10 de janeiro 2020)

3.3.1.2. Primeira fase: criação e *design* do consórcio de espécies

O *design* do sistema sintrópico iniciou-se com a seleção de espécies vegetais, isto é, começou com a criação de um particular consórcio de espécies ajustado à vegetação existente no Olival do Forno (oliveiras e hortícolas), bem como ao terreno e ao clima.

Linhas de oliveiras (de sequeiro)

Antes de descrever, em concreto, os diferentes passos de realização do projeto no Olival do Forno, assinale-se o *design* para a linha de sequeiro desenhado por Ernst Götsch, já numa projeção de longo prazo, apresentado na figura 15.

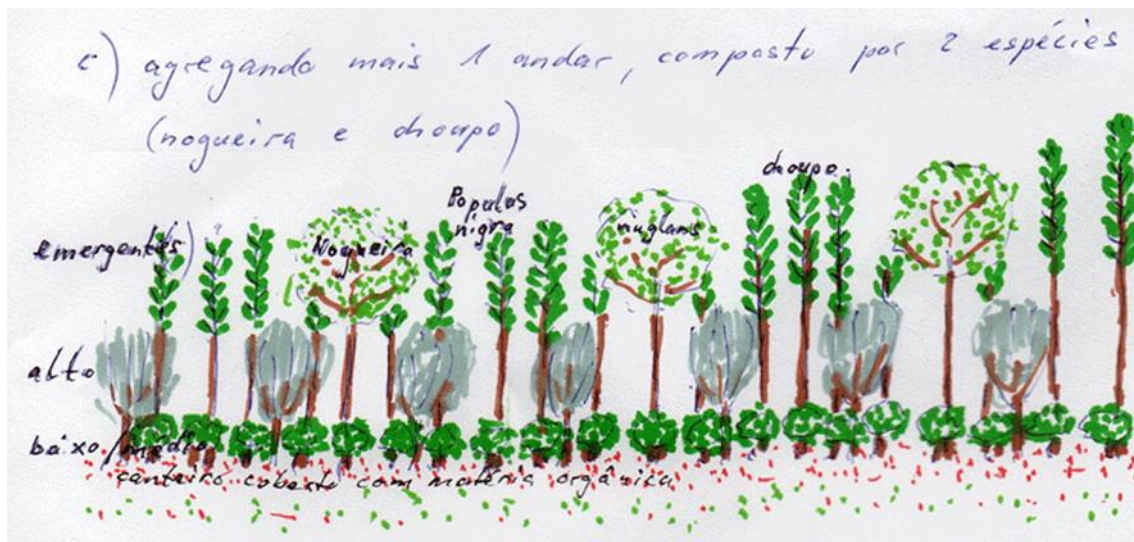


Figura 15: Design para a linha de sequeiro feito por Ernst Götsch. Imagem de perfil e correspondente a um longo período de desenvolvimento do projeto (Fonte: *Agenda Gotsch*, consultada a 10 de janeiro 2020)

Com o entusiasmo dado pela visão de longo prazo presente na figura 15, e tendo presente a realidade do Olival do Forno, entendeu-se que as linhas de oliveiras deviam continuar com o mesmo tratamento de sequeiro que tiveram até aí.

A partir daqui, nestas linhas de sequeiro, introduziram-se 3 espécies de Prunóideas – pessegueiros (*Prunus pérsica*), amendoeiras (*Prunus dulcis*) e abrunheiros (*Prunus spinosa*) –, distanciados entre si cerca de 3 m e sensivelmente a 2 m de distância da oliveira mais próxima (incluem-se as 3 diferentes espécies de árvores entre as oliveiras, sendo que entre 2 oliveiras ficam três diferentes espécies de árvores de fruto). Por outro lado, entre cada conjunto de 2 oliveiras foram introduzidas 3 estacas de choupo negro (*Populus nigra*), acompanhadas de 3 estacas de alecrim (*Salvia rosmarinus*) para complementar o consórcio (figura 16).

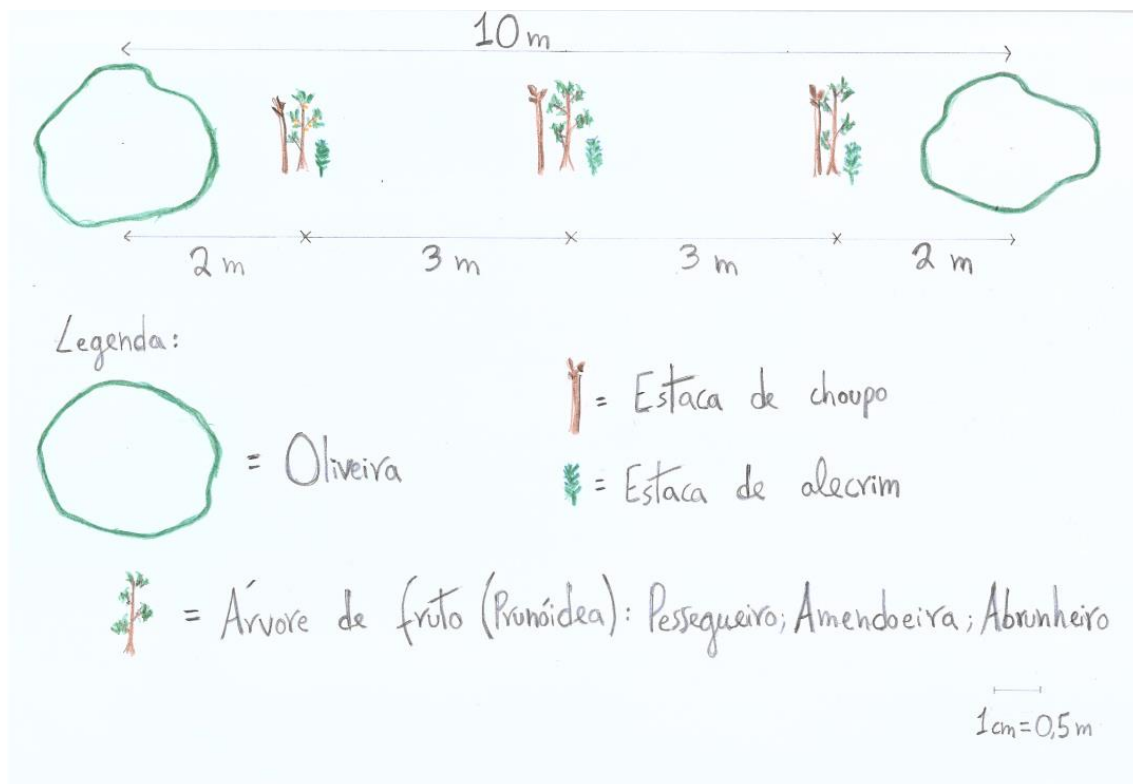


Figura 16: Esquema de todas as espécies perenes na linha de sequeiro

As 2 primeiras linhas, situadas mais a oeste, foram instaladas durante o curso de formação de Ernst Götsch e, mesmo depois de este ter terminado, a equipa da herdade continuou a plantação seguindo as ideias motoras do seu ensino.

Registe-se, porém, o facto de, como já não havia, em número suficiente, o conjunto das espécies de árvores de fruto inicialmente plantadas (pessegueiros, amendoeiras e abrunheiros), completaram-se as linhas do olival com aroeiras, figueiras (*Ficus carica*) e medronheiros.

Acresce que, ainda durante o curso e na presença de Ernst Götsch, se fez, na linha de sequeiro (entre oliveiras), abundante sementeira, nomeadamente de bolota, girassol (*Helianthus annuus*), tremocilha (*Lupinus luteus*), de algumas brássicas, tomate (*Solanum lycopersicum*), abóbora (*Cucurbita*), calêndula (*Calendula officinalis*), funcho (*Foeniculum vulgare*) e cenoura-brava (*Daucus carota*). Na primeira linha plantaram-se, experiencialmente, algumas figueiras-da-índia (*Opuntia ficus-indica*), mas estas, em razão da humidade excessiva, não sobreviveram e apodreceram.

Linhas de hortícolas (de regadio)

A exemplo do que fizera em relação à linha de sequeiro, Ernst Götsch criou, de perfil, para a linha de hortícolas, um *design* específico, com visão de longo prazo (figura 17), que tornou a entusiasmar a equipa da herdade.

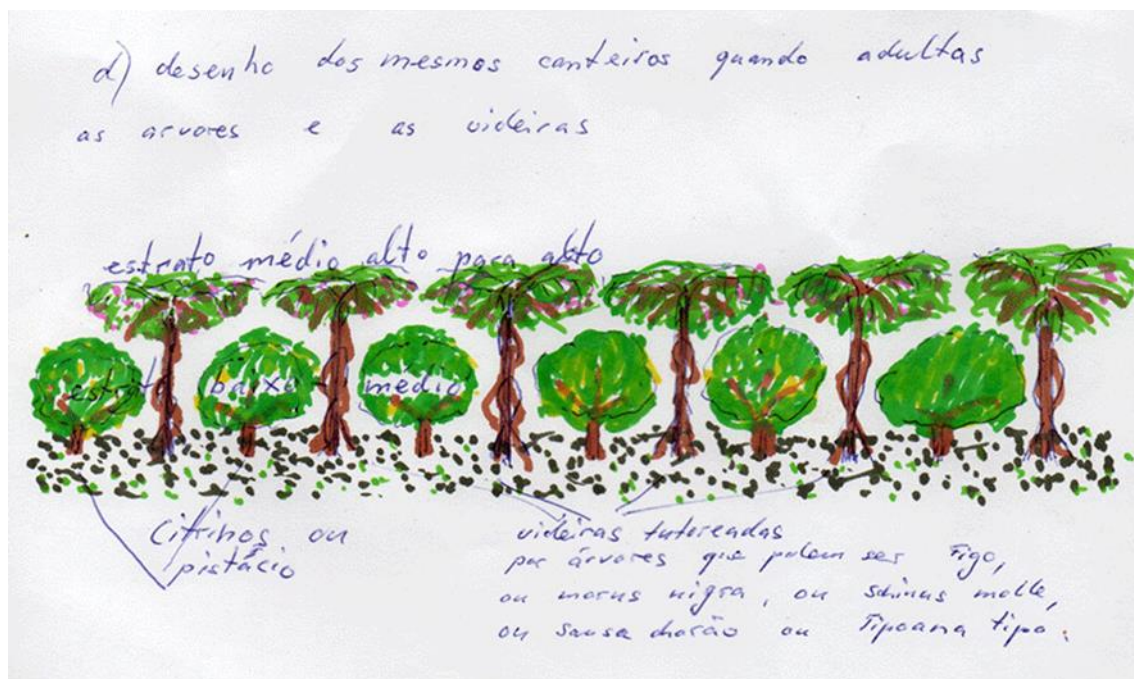


Figura 17: Design para a linha de hortícolas feito por Ernst Götsch. Imagem de perfil simbolizando como será o sistema na maturidade (Fonte: *Agenda Götsch*, consultada a 10 de janeiro 2020)

As linhas de hortícolas, como antes se mencionou, têm acesso a água gota a gota, com 2 tubos de rega autocompensantes, que garantem a distribuição uniforme de água. A água de rega não tem cloro e é distribuída por gravidade.

Nas linhas de hortícolas, plantaram-se três espécies diferentes de árvores, duas delas fruteiras – limoeiros (*Citrus x limon*) e videiras (*Vitis sp.*) – e tutores vivos para as videiras.

A plantação ao longo da linha obedeceu a uma sequência que não correspondeu ao design inicial, em virtude do que a realidade evidenciou. Assim, esta foi a sequência:

Em primeiro lugar, um tutor vivo com 2 videiras de cada lado, sendo escolhidos, como tutores vivos, o salgueiro-chorão (*Salix babylonica*) e a pimenteira-bastarda (*Schinus molle*), e, como videiras, as seguintes variedades: *red globe*, moscatel branca e

moscatel tinta, tendo por objetivo o consumo em fresco (uvas de mesa). A combinação de videiras e tutores ficaram, entre si, com o espaçamento de 9 metros.

Em segundo lugar, entre as videiras e os tutores, foram plantados 2 limoeiros, espaçados de 3 metros entre eles, o que significa que estes ficaram, também, a 3 metros da combinação videiras e tutores (figura 18).

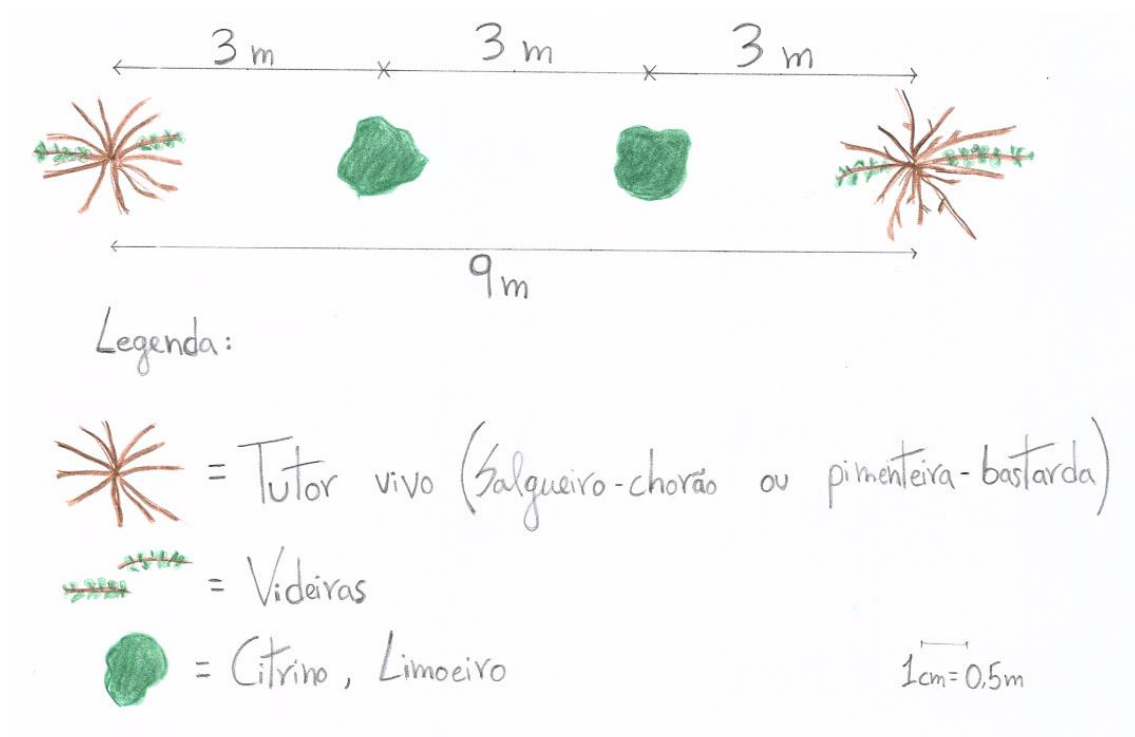


Figura 18: Esquema das espécies frutícolas perenes na linha de regadio

Em terceiro lugar, foram plantadas várias espécies de hortícolas, numa primeira etapa, no ciclo de Primavera/Verão, predominantemente tomates, mas também pimento (*Capsicum annuum*), beringela (*Solanum melongena*), feijão-verde (*Vigna unguiculata*) e alface (*Lactuca sativa*). No ciclo outono/inverno, correspondente a uma segunda etapa, foram plantadas brássicas como couve lombarda (*Brassica oleracea*), brócolos (*Brassica oleracea* var. *italica*), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) e ainda pak choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*).

3.3.1.3. Segunda fase: plantação

Deixando de lado a seleção do consórcio de espécies e o *design* da plantação, vai detalhar-se agora o processo de plantação, de acordo com a formação dada por Ernst Götsch.

Assim, a plantação passou pelo seguinte processo: em primeiro lugar, foi aberto, com enxada, um orifício com a profundidade suficiente para romper qualquer eventual imperme (orifício de 50 cm a 1 m); de seguida, a plantação das espécies foi feita em conjunto, isto é, foram plantadas as diferentes espécies muito próximas umas das outras, bem como, havendo sementes, foram estas semeadas no conjunto das espécies plantadas. Na figura 19, pretende-se realçar a proximidade entre as videiras tutoradas por pimenteira bastarda, como exemplo.



Figura 19: Realce para as videiras tutoradas por pimenteira bastarda e para a proximidade entre ambas.

Aos orifícios abertos para a plantação e/ou sementeira conjunta de espécies, Ernst Götsch chamou *berços* e incentivou a que se privilegiasse, nesta fase, como estratégia, o fator quantidade de espécies introduzidas, quer na plantação quer na sementeira.

Ainda na execução dos *berços*, adicionou-se composto que se misturou com algum solo. Uma vez fechados os *berços*, e para finalizar, colocou-se por cima estilha e/ou outro material lenhoso (matéria verde), para funcionar como *mulch*, quer na estrutura de ninho quer como enleiramento duplo.

Durante o processo de plantação, a exemplo do que foi feito na linha de sequeiro, entre oliveiras fizeram-se 3 *berços* (correspondentes às espécies de árvores de fruto plantadas) interconectados com leira dupla (*mulch*), usando, quer para os *berços* quer para a leira dupla, só a matéria verde do próprio sistema (obtida da esgalha das oliveiras) (figura 20). Esta linha de sequeiro ficou, por isso, com cerca de 40 cm de largura.

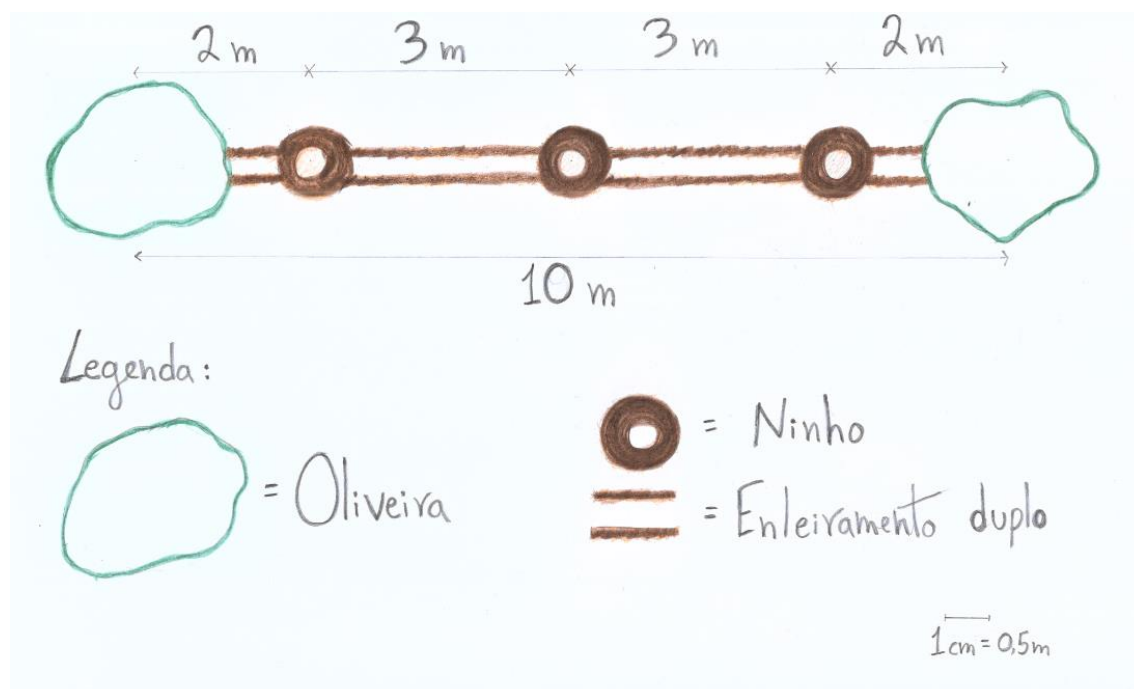


Figura 20: Esquema que ilustra em detalhe o próprio mulch e as formas dadas (ninho e enleiramento duplo) nas linhas de sequeiro

3.3.1.4. Terceira fase: acompanhamento da evolução e intervenções (poda e replantação)

Na linha de regadio, o *modus operandi* foi sendo alterado, em resultado da experiência de agricultura sintrópica iniciada sob orientação de Ernst Götsch, tendo passado de um sistema exclusivo de produção de hortícolas para um sistema agroflorestal.

Nesta linha de regadio, surgiram, sem serem esperadas, do mês de abril em diante, várias outras espécies de hortícolas – mizuna (*Brassica rapa* var. *nipposinica*), rúcula (*Eruca vesicaria* ssp. *sativa*) e rabanete (*Raphanus sativus*) –, em resultado de anteriores sementeiras, cuja justificação eventualmente se fica a dever às alterações induzidas na forma de trabalhar o solo. Com efeito, a partir do momento em que se plantaram as árvores acima mencionadas, deixou de se utilizar a alfaia cavadeira e passou-se a afofar o solo só com recurso à forquilha. Julgou-se que essa mudança iria trazer um acréscimo de trabalho na monda de infestantes, mas, neste período (primavera/verão do ano de 2018), curiosamente, tal não se verificou, e teve-se a agradável surpresa de se colherem as aludidas espécies inesperadas (mizuna, rúcula e rabanete).

O processo de instalação de todo o projeto de agricultura sintrópica deu-se por encerrado a 15 de maio de 2018.

De maio a outubro de 2018, na linha de sequeiro, a ação de manutenção do sistema foi praticamente nula, não tendo havido qualquer intervenção (sementeira) nesse Verão.

As árvores de fruto presentes nas linhas de sequeiro tiveram uma taxa de sobrevivência muito baixa (inferior a 10%) e, quanto às espécies de estacas (choupo e alecrim), nenhuma sobreviveu, sendo a causa de morte atribuída à falta de água (não foram regadas durante todo o Verão), bem como ao golpe de calor de uma semana particularmente atípica em agosto.

Esta semana, a primeira do mês de agosto de 2018, que teve temperaturas muito altas (46 graus *celsius* à sombra) e vento suão forte, foi também considerada causa provável da morte de algumas espécies na linha de regadio, nomeadamente de algumas videiras, bem como de muitas hortícolas, apesar de estas terem sido regadas.

Nos meses de Outono desse ano, fez-se a sementeira de aveia (*Avena sativa*), tremocilha e fava (*Vicia faba*) na entrelinha, o que passou por uma prévia gradagem para facilitar a germinação. Verificou-se da iniciativa que a aveia germinou primeiro, e em muito maior percentagem (figura 21).



Figura 21: Destaque para a entrelinha com coloração verde vivo, em janeiro de 2019

Em nota, Ernst Götsch, que voltou à herdade em outubro de 2018, considerou ter sido baixa a capacidade produtiva da vegetação rasteira (aveia e fava foram as que germinaram), sugerindo substituir esta por vegetação mais funcional para o sistema, com gramíneas mais produtivas e herbáceas com sistema radicular eficiente – verbasco

(*Verbascum thapsus*), funcho, cardo mariano (*Silybum marianum*), cenoura-brava –, uma vez que estas espécies se ajustam melhor às condições edafoclimáticas da região.

A colheita da azeitona, nos meses de outubro e novembro de 2018, foi acompanhada de poda ligeira nas oliveiras.

Entre os meses de novembro de 2018 e janeiro de 2019, foram feitas podas nos tutores vivos.

Por sua vez, no início de fevereiro de 2019, fez-se o corte, na entrelinha, da fava e da aveia, com gadanhadeira de discos (figura 22) e enleirador atrás. A largura de trabalho efetiva foi de 2 metros. O material verde do corte ficou enleirado, quer para a linha de sequeiro quer para a de regadio.



Figura 22: Gadanhadeira de discos frontal, com pormenor dos discos (à direita) da Herdade do Freixo do Meio.

No final do mês de fevereiro, fez-se a identificação dos *berços* de plantas mortas e procedeu-se à sua substituição por novas plantas. Semearam-se pessegueiros e ameixeiras (*Prunus ssp. prunus*). Semearam-se também bolotas de azinho e de sobreiro nas linhas, mas fora dos ninhos na linha de sequeiro. Já na linha de regadio acrescentaram-se, onde se achou conveniente, amoreiras (*Morus nigra*).

Futuramente, pretende-se que a noz do México (*Carya illinoensis*) e o choupo sejam inseridos na estratificação do sistema.

Em meados de março de 2019, Ernst Götsch esteve de novo na herdade para um novo curso de formação, aproveitando para avaliar a experiência de que foi inspiração.

Caracterização de uma específica linha de regadio

A fim de continuar a acompanhar o desenvolvimento do projeto, agora com maior detalhe, foram escolhidas duas linhas, uma de regadio e outra de sequeiro.

Começa-se pela caracterização da linha de regadio número 4, a única instalada durante o curso e sob indicação e com intervenção integral de Ernst Götsch.

Contabilizaram-se, até março de 2019, as seguintes árvores vivas: 6 salgueiros-chorões, 5 pimenteiras-bastardas, 10 videiras, 19 citrinos e 20 amoreiras (todas as amoreiras no final da linha exceto 1 logo no início).

Introduziram-se, nessa altura, mais 2 linhas complementares, laterais à linha número 4, só de hortícolas (figura 23).

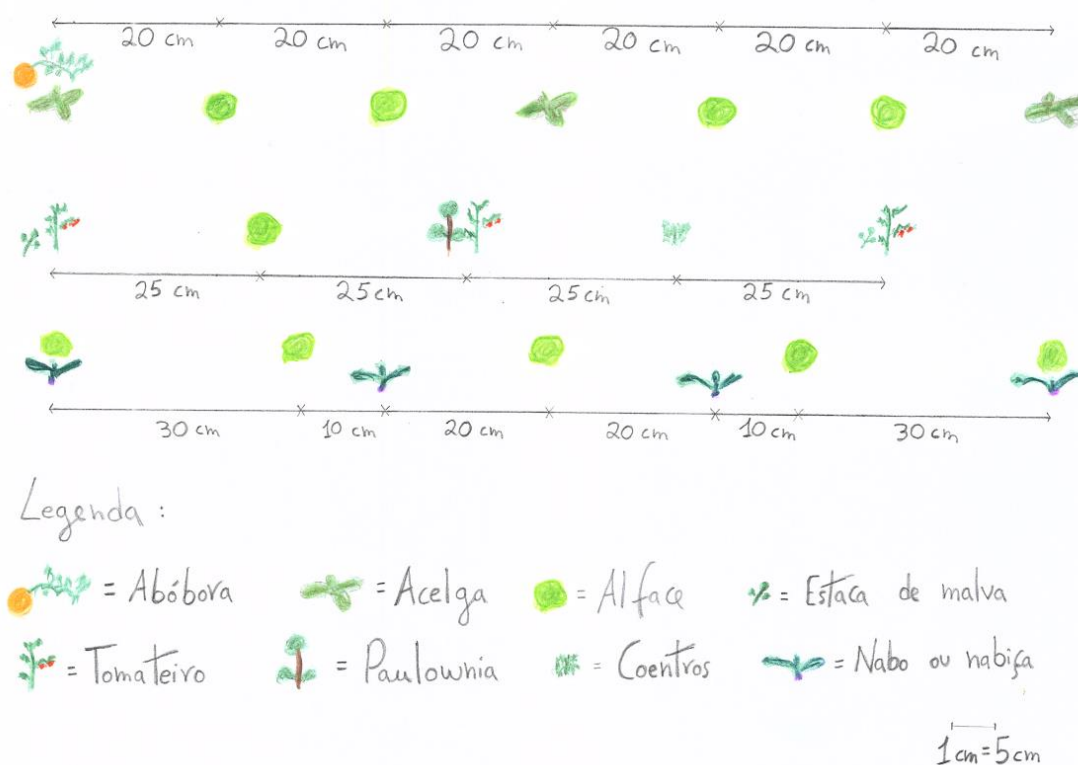


Figura 23: Esquema demonstrativo da linha exemplo, número 4, com 2 linhas complementares instaladas em março de 2019

Na **linha original** (figura 24), foram plantadas:

a) Plântulas de paulownia (*Paulownia tomentosa*), com a distância entre elas de um metro. Cada paulownia foi acompanhada de um tomateiro no lado Este, porque o tomateiro cresce para se apoiar a Oeste, esperando-se que, sendo o crescimento de ambos em simultâneo, o tomateiro se sustente na paulownia;

- b) Tomateiros com maior densidade, isto é, de 50 em 50 cm. Na plantação dos tomateiros introduziu-se, em cada tomateiro, cerca de 200 g de estrume fresco ao nível da superfície do solo, quase a tocar o seu caule. Os tomateiros sem paulownia ao lado levaram tutor com fio. Sempre que a sequência se aproximou de um limoeiro já plantado, não se plantou qualquer tomateiro ao lado, ficando estes espaçados de um metro;
- c) Foram estacadas malvas de metro a metro uma vez que, como são resistentes ao verão e permanecem vivas, podem contribuir com material resultante da poda para o enriquecimento e a cobertura do solo;
- d) Foram ainda semeados coentros (*Coriandrum sativum*) e plantadas alfaces (sem espaçamento definido, de forma variada, já que a regra foi a de aproveitar espaço disponível).

Na **sublinha criada no lado poente/Oeste**, foram plantadas sequencialmente:

- a) 2 alfaces e 1 acelga (*Beta vulgaris var. cicla*), espaçadas de 20 cm, numa dupla repetida até ao final da sublinha;
- b) foram semeadas abóboras de 2 em 2 metros (semeadas 3 sementes com intuito de escolher a melhor planta). A razão de as semear nesta linha encontra-se no facto de se desenvolverem para Oeste, ou seja, para o exterior, no sentido inverso à linha original, pelo que não irão interferir com as restantes culturas.

Na **sublinha criada no lado Este**, foram plantadas sequencialmente:

- a) alfaces de 30 em 30 cm até metade da linha;
- b) beringela, na outra metade da linha, também de 30 em 30 cm;
- c) de semente, uma brássica – nabo (*Brassica rapa subsp. rapa*) ou nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) –, de 40 em 40 cm, intercalada com pimento. Esta linha de nabiça é ligeiramente mais a Este, o que permite uma otimização na ocupação do espaço.



Figura 24: Imagem da linha de regadio número 4 com as 2 linhas complementares

Ao longo de **todas as linhas** (original e sublinhas), as práticas envolveram: cobertura com estilha (figura 25) e, em todas as plântulas, fez-se um mini ninho com efeito de concavidade. A estrutura da estilha em forma de ninho, para além de ser higroscópica, isto é, para além de absorver água, permite que, durante a noite, a temperatura não fique tão baixa face ao solo nu.



Figura 25: Imagem da linha de regadio número 4 no mês de março 2019

Os tubos de rega, neste processo, ficaram por baixo da estilha, a fim de evitar a evaporação imediata da água e promover a infiltração da mesma diretamente.

No momento da plantação, tudo foi regado com abundância com a ajuda de regador.

Várias colheitas foram sendo feitas desde abril até ao mês de setembro. Durante este período, fizeram-se também manutenções nas linhas, concretamente, a monda de infestantes.

Finalmente, em dezembro de 2019, foram podados os salgueiros e as pimenteiras-bastardas.

Caracterização de uma específica linha de sequeiro

Para a caracterização de uma linha de sequeiro, escolheu-se a contígua à linha número 4 de regadio (lado Este).

Nesta linha, verificou-se que sobreviveram, até março de 2019, algumas calêndulas dispersas (6 no total da linha).

Entre oliveiras, em sequência, foram plantadas, a partir de março de 2019, na linha original:

a) estacas de rosmaninho (*Lavandula stoechas*) e alfazema (*Lavandula latifolia*), a cerca de 10/20 cm de cada uma;

b) calêndulas de metro a metro;

c) de 3 em 3 metros, um conjunto de pessegueiro e aroeira, e um conjunto de figueira e aroeira.

Foram plantados ainda, numa outra **linha complementar, criada no lado Oeste**, tomateiros de 30 em 30 cm (figuras 26 e 27).

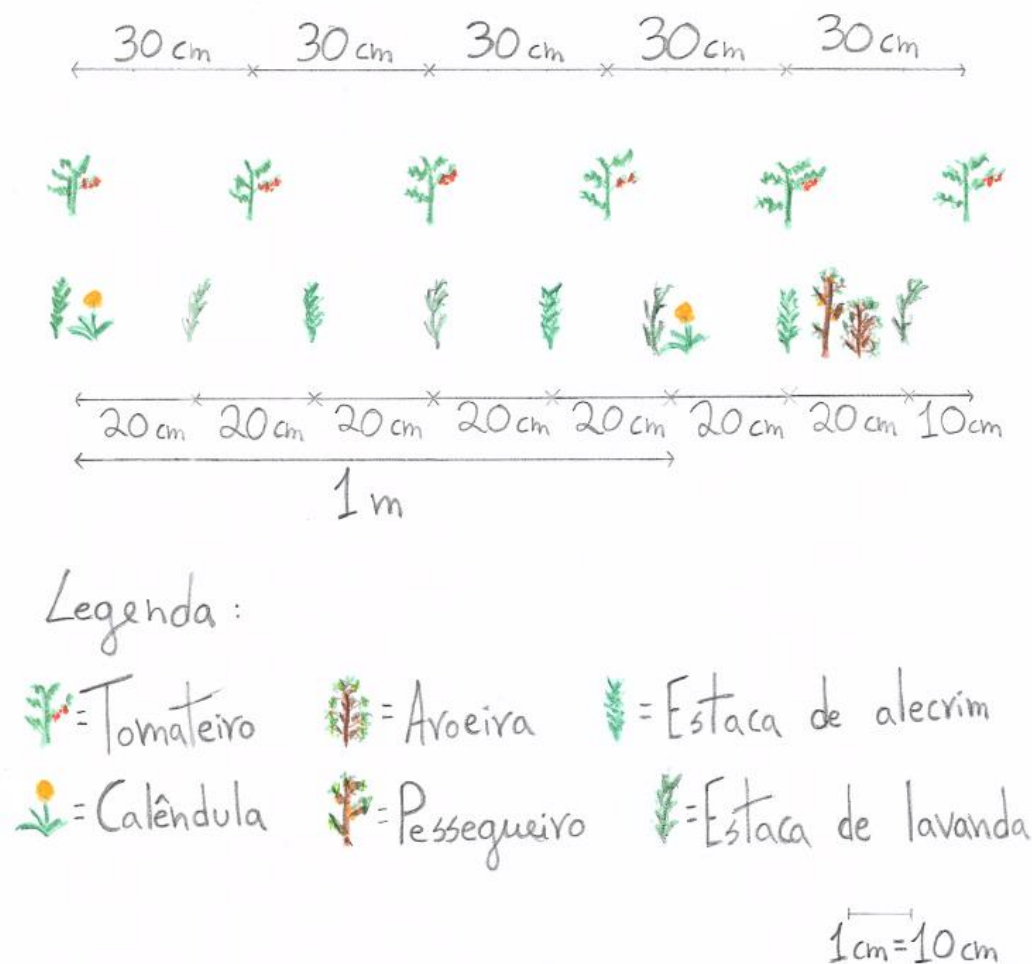


Figura 26: Esquema da linha número 4 de sequeiro



Figura 27: Imagem da linha 4 de sequeiro em março de 2019.

A poda, na linha original, foi feita durante a colheita da azeitona.

3.5. Recolha de amostras de solo

A fim de avaliar as características do solo no decurso da experiência agroflorestal que se analisa, foram feitas recolhas de amostras de solo nos primeiros 25 cm do mesmo, no mês de novembro de 2019.

As amostras foram recolhidas com recurso a uma sonda, e foram obtidas em três diferentes pontos do terreno. Em concreto, recolheu-se uma amostra no meio da linha de regadio e outra no meio da entrelinha, em cada um dos três pontos (figuras 28 e 29).



Figura 28: Recolha de amostras de solo na entrelinha com recurso a sonda.



Figura 29: Recolha de amostras de solo na linha com recurso a sonda.

4. RESULTADOS

4.1. Enunciação dos resultados

Ao pretender fazer a enunciação dos resultados do caso em estudo, é necessário lembrar, de um lado, que se está ciente de que o tempo decorrido é curto, tendo em conta a natureza de um sistema agroflorestal de sucessão dinâmica, de outro que as análises de solo que se apresentam de seguida não têm base anterior de comparação, embora a apreciação do agricultor sobre a forma como o solo reagiu seja francamente positiva (Capítulo 4.2). Cumpre ainda salientar, que o período em causa teve, no início de agosto de 2018, uma semana atípica, com uma brusca elevação da temperatura, o que condicionou expectativas, pelo que se considerou oportuno, ao enunciar os resultados do projeto, apresentar também os quadros de temperatura e de precipitação, que os poderão ter condicionado.

4.1.1. Análises de solo

As amostras de solo recolhidas a 8 de novembro de 2019, foram entregues para análise completa no Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas do Instituto Superior de Agronomia, de onde se extraíram os resultados apresentados no quadro 2.

Quadro 2: Resultados comparativos das principais características analíticas dos solos na linha e entrelinha.

Parâmetro / Unidades	Linha	Entrelinha
pH (H ₂ O) (1:2,5)	7,6	6,9
Fósforo extraível (P ₂ O ₅) (mg/kg)	1381	439
Potássio extraível (K ₂ O) (mg/kg)	115	116
Cálcio extraível (Ca) (mg/kg)	3066	1163
Magnésio extraível (Mg) (mg/kg)	475	181
Matéria orgânica (%)	3,64	1,64
Condutividade elétrica (1:2) (mS/cm)	0,30	0,15
Calcário total (CaCO ₃) (%)	<0,5	<0,5
CTC efetiva (cmol(+)/kg)	20,13	7,7
Grau de saturação em bases (%)	100	100
Relação Ca troca / Mg troca	3,9	3,9
Relação K troca / Mg troca	0,1	0,2

Os resultados analíticos das amostras de solo revelaram que a textura de campo é franco-argilosa.

Confrontando a linha com a entrelinha, os resultados das análises mostraram que o pH em água na linha era de 7,6, apresentando ligeiramente alcalino e na entrelinha, o pH apresenta-se neutro com o valor de 6,9.

As análises realçaram, ainda, valores distintos na percentagem de matéria orgânica, apresentando os solos, na linha, um valor médio de 3,64%, cerca do dobro do valor obtido na amostra da entrelinha, um valor baixo de 1,64%.

Os referidos valores não surpreendem porque, como foi já mencionado, por um lado, a primeira intervenção na linha com abertura do solo (em 2015) promoveu a introdução neste de matéria orgânica (madeira, composto, pó de cortiça) e, por outro, a continuada ação de cobertura do solo com os resíduos vegetais das próprias culturas presentes na linha estimularam a sua degradação e consequente formação de matéria orgânica.

Quanto à capacidade de troca catiónica (CTC) efetiva, os resultados analíticos mostraram uma diferença bem significativa. Nos solos da linha, essa capacidade apresentou-se elevada (20,13 cmol(+)/kg), sendo 2,6 vezes superior à da obtida nos solos da entrelinha, com um valor mais baixo (7,7 cmol(+)/kg).

Este incremento, na linha, terá sido influenciado, entre outros fatores, pela referida diferença na percentagem de matéria orgânica que potencia a troca iónica.

Do mesmo modo, os resultados das análises para fósforo e cálcio extraível são cerca de 3 vezes superiores nos solos da linha em relação aos da entrelinha. No caso da linha, a maior disponibilidade de matéria orgânica aí existente incrementa a microbiota do solo, que por sua vez contribuem para a quebra de ligações, em especial, nos compostos de fósforo que permitem, desde logo, a disponibilização deste.

Finalmente, as análises evidenciaram que a relação cálcio de troca com magnésio de troca (relação Ca troca / Mg troca) tem o mesmo valor nos solos da linha e da entrelinha, enquanto que a relação de potássio de troca com magnésio de troca (relação K troca / Mg troca) apresentou valores semelhantes (inferior nos solos da linha).

4.1.2. Temperatura e precipitação

Passa-se agora a analisar a temperatura e a precipitação no período de implementação do projeto em estudo, que decorreu entre 2018 e 2019.

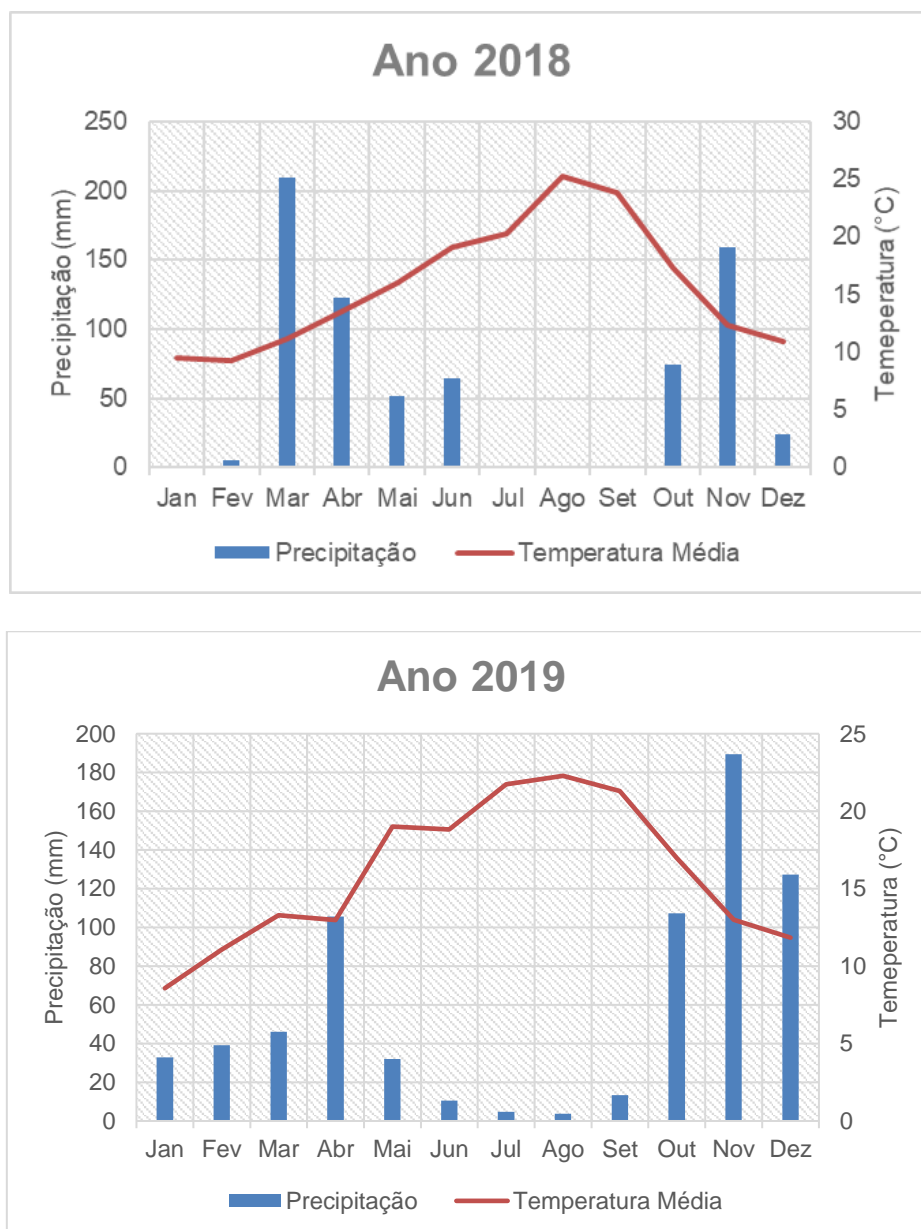


Figura 30: Diagrama termo-pluviométrico dos anos 2018 e 2019 (Fonte: Estação meteorológica da Herdade do Freixo do Meio)

Os gráficos da estação meteorológica da Herdade do Freixo do Meio para a temperatura e para a precipitação permitiram a execução dos diagramas termo-pluviométricos apresentados (figura 30), exceto nos meses de março de 2018 e de dezembro de 2019,

em que os valores apresentados sofreram desvios demasiado significativos para serem considerados. Usaram-se, por isso, valores disponíveis, sendo, para o mês de março de 2018, o valor da estação localizada na Mitra (38°31'31.4"N 8°00'59.7"W) (Évora) e para o mês de dezembro de 2019, o valor do gráfico do *weather underground* (estação situada em Lavre: 38,76° N; 8,35° W; Elevação 107m).

4.1.3. Necessidades Hídricas

As necessidades hídricas das culturas correspondem à procura evapotranspirativa dessas culturas em determinado ambiente e sob práticas culturais determinadas (Pereira, 2004). As culturas consideradas são as que cumprem o seu ciclo anualmente na linha de regadio, nomeadamente as culturas já mencionadas anteriormente: tomate, abóbora, alface, nabo, coentros e acelga.

O valor da evapotranspiração de referência, ETo, foi calculado na estação de Évora (por ser a estação mais próxima da herdade com maior número de dados) e com dados de 30 anos (entre 1959 e 1988). A ETo foi calculada para o mês de maior calor, o mês de julho. O valor usado nos cálculos que se apresentam de seguida é a média dos 30 anos obtidos através da equação de Penman-Monteith (mmdia-1) (em anexo). O valor de ETo é de: 3,64mm/dia.

A Equação utilizada e que traduz o método do coeficiente cultural simples (Allen et al., 1998) é:

$$ET_c = ETo \cdot K_c$$

sendo: ETo a Evapotranspiração de referência (mmdia-1) e Kc o coeficiente cultural (adim).

Para os cálculos dos valores de Kc foram utilizados os dados das tabelas 11 e 12 da FAO. Sendo que dos dados, o valor do vento é superior a 6m/s e a Humidade relativa superior a 80%, e assim sendo, não se recorreu a ajustes nos valores dos Kc's. O valor de Kc foi calculado para cada cultura individualmente (com todos os seus diferentes estádios de desenvolvimento incluídos: inicial, médio e final) e obtendo-se uma média. De seguida foram calculados os valores médios ao longo do ciclo de vida de todas as espécies envolvidas. Já que no decorrer do tempo algumas espécies cumpriram o seu ciclo antecipadamente (não é igual o ciclo de vida de todas as espécies), assim passaram a não ser contabilizados os seus valores de Kc. Foram adequados, paulatinamente, ao fim de ciclo de cada espécie para a obtenção do valor de ETc final (Quadro 3).

Quadro 3: Cálculos da Evapotranspiração cultural (ETc).

Datas (dias)	Valor de Kc	Valor de ETc diário (mm/dia)	Valor de ETc final (mm)
Até 60	0,91	3,31	60x3,31=198,6
De 60 a 70	0,91	3,31	10x3,31=33,1
De 70 a 75	0,91	3,31	5x3,31=16,55
De 75 a 90	0,90	3,28	15x3,28=49,2
De 90 a 100	0,91	3,31	10x3,31=33,1
De 100 a 145	0,96	3,49	45x3,31=157,05
Total	145	-	487,6

O valor final médio correspondente às necessidades hídricas das culturas presentes é de 487,6mm ou 4876 m³/ha.

4.1.4. Rega e sua quantificação

A fim de melhor avaliar a quantificação da água utilizada, apresentam-se dois gráficos anuais que calendarizam a rega feita, no período de implementação do projeto, na linha de regadio anteriormente estudada com maior detalhe.

Quanto a este tópico, tenha-se presente que, antes de se iniciar a experiência do sistema agroflorestal de sucessão, isto é, antes de março de 2018, a rega, no local, se fazia de dois em dois dias, em situações pontuais de períodos de verão. Depois dessa data, os intervalos de rega passaram a ser superiores, o que tem como justificação, de um lado, o facto de se ter deixado de mobilizar o solo e, de outro, o facto de, conscientemente, se ter optado por estimular um enraizamento mais profundo.

Tendo em conta a informação quanto ao caudal debitado (2 L/h), ao espaçamento entre gotejadores (20 cm), o número de fitas de rega (2) e ao comprimento total das linhas (92 m), foi possível obter os resultados da quantidade de água usada, em metros cúbicos, na rega para os anos de 2018 e 2019 (Quadros 3 e 4).

Quadro 4: Quantidade de água usada no ano de 2018.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Regas por semana	-	-	0	0	1,5	2	2	2	2	1,5	0	0	-
Regas por mês	2	2	0	0	7	6	8	8	7	7	0	0	-
Tempo de rega (h)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-
Caudal (L/h)	2												
Quantidade água usada (m³)	7,4	7,4	0	0	25,8	22	29	29	25,8	25,8	0	0	173

Quadro 5: Quantidade de água usada no ano de 2019.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Regas por semana	0	0	2	1	2	2	2	2	2	1	0	0	-
Regas por mês	0	0	8	4	9	8	9	9	8	4	0	0	-
Tempo de rega (h)			1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5			-
Caudal (L/h)	2												
Quantidade água usada (m³)	0	0	22	11	24,8	22	24,8	24,8	22	11	0	0	154,6

4.1.5. Mão de obra

Salvaguardado o período em que foi construído o modelo da agrofloresta de sucessão na herdade, coincidente com o curso de formação ministrado por Ernst Götsch, apresenta-se um gráfico que quantifica o número de horas de trabalho, na linha de regadio, no período de desenvolvimento do projeto (março a outubro de 2019, correspondente a um ciclo de produção hortícola) (Quadro 5).

A fase de plantação não foi tida em conta da mesma forma, por ter correspondido a um episódio esporádico, durante uma tarde, em que inúmeras pessoas (cerca de vinte) trabalharam à volta de 4 horas cada uma.

Quadro 6: Mão de obra necessária no período de março a outubro de 2019, referente a um ciclo de produção hortícola.

Tarefas	Horas de trabalho
Plantação	(cerca de) 80h
Mondas	46h
Colheitas	30h

Para o trabalho requerido numa só linha, os gastos em mão-de-obra foram elevados. No futuro, como já foi evidenciado, as intervenções ficam dependentes seja de deficiências do *design* ou de implementação, seja da necessidade da poda. Além disso, espera-se que, no futuro, o trabalho e os custos associados também possam ser reduzidos se houver investimento adequado na melhoria dos equipamentos técnicos (instrumentos agrícolas).

Apesar disso, não pode esquecer-se que o modelo agroflorestal de sucessão exige acompanhamento humano atento, para que dele se tire o melhor proveito.

Saliente-se, por fim, que, na linha de sequeiro, no período mencionado (março de 2018 a outubro de 2019), foram realizadas podas nas novas árvores introduzidas, bem como poda e colheita, em simultâneo, nas oliveiras já existentes.

4.1.6. Inputs externos

Tendo presente as linhas de sequeiro e de regadio analisadas com maior detalhe, provou-se não ter sido necessário recorrer a fertilização química.

No que respeita a pragas e doenças, e tendo também presente as linhas de sequeiro e regadio anteriormente mencionadas, apesar de se verificarem ataques de ácaros (*Tetranychus urticae*), toupeiras (*Talpa europaea*) e percevejos (*Nezara viridula*), não se recorreu a pesticidas.

4.1.7. Benefícios duradouros ou ecológicos

Embora estudos científicos incidindo sobre experiências em contexto mediterrâneo tenham concluído que o modelo de agrofloresta *alley cropping* permite um maior armazenamento de carbono no solo (Cardinael et al., 2015), o curto lapso de tempo sobre o qual incidiu o estudo na Herdade do Freixo do Meio impediu que acerca desta matéria se pudessem retirar quaisquer resultados.

Também em virtude da ausência de escala temporal, não foi possível avaliar e ter resultados que provem a tendência do sistema agroflorestal de sucessão para uma maior eficiência do uso energético decorrente da utilização de diferentes estratos produtivos.

4.2. Apreciação do agricultor

A fim de obter a apreciação global do projeto de agrofloresta de sucessão na Herdade do Freixo do Meio, por parte do seu responsável e impulsionador, Mestre Alfredo Cunhal Sendim, elaboraram-se seis questões, focando variados aspetos de interesse para o trabalho. Essas questões foram respondidas oralmente, no dia 14 de janeiro de 2020, na própria Herdade. Com autorização do responsável, as respostas que se reproduzem

neste trabalho, foram gravadas, passadas a escrita e, de seguida, enviadas ao Autor, para serem avaliadas.

Sente que os que trabalham no projeto de agrofloresta de sucessão, na Herdade do Freixo do Meio, estão tão entusiasmados hoje quanto estavam há um ano e meio quando Ernst Götsch veio pela primeira vez à Herdade para o seu primeiro curso de formação? O que o leva a dar essa resposta?

Não, o entusiasmo já não é o mesmo. O curso com o Ernst Götsch trouxe uma visão muito interessante à herdade, profunda, de longo prazo, e a adesão dos trabalhadores foi muito boa, mas o confronto com o dia a dia nem sempre coincide com as expectativas então criadas.

O Ernst Götsch é o motor de uma «utopia», mas há nela muito que é realizável e que é necessário realizar. Quem, no entanto, toma a «utopia» como algo suscetível de ser totalmente realizável, no mundo atual, sofre. Além disso, há um caminho muito longo a desenvolver até se chegar ao que é realizável do pensamento de Ernst Götsch, e que corresponde ao que preconizo para a herdade, não tanto em termos técnicos, mas sobretudo em termos éticos, e que parte da reflexão sobre o papel de cada um de nós na sociedade (e nesta herdade). A alteração tem de partir do ser humano.

Em suma, após um momento inicial de euforia, o entusiasmo continua, mas sente-se a dificuldade em concretizar o que foi proposto.

Que avaliação global faz do projeto de agrofloresta de sucessão, após um ano e meio de desenvolvimento? Que expectativas dele tem para o futuro?

A Humanidade atravessa um problema, que reside na relação estabelecida com o planeta que habita. Esse problema está patente no crescimento demográfico exagerado e na destruição de grande parte dos *habitats* (ecossistemas).

Os sistemas de agrofloresta de sucessão dinâmica (ASD) são um elemento fundamental do que deve ser feito para resolver esse problema da Humanidade e devem ser uma aposta nossa, enquanto humanos. Mas há ainda um outro desafio, a meu ver, incompatível com ASD como solução única, que reside no seguinte: depois de sabermos lidar com os ecossistemas, como é que alimentamos os 8 mil milhões de pessoas e folgamos os ecossistemas? Não acredito, como o Ernst Götsch acredita, na ASD como solução única, capaz de alimentar, neste momento, 8 mil milhões de pessoas, uma vez que grande parte dos ecossistemas estão hoje em deserto (em oposição a *clímax*). Percebo o pensamento de Ernst Götsch, mas acho que «vender» esta solução para o mundo sem matar pessoas, como acontece

na sua visão, não é realista. É claro que isso não retira a bondade do que ele afirma, mas é preciso encontrar outras soluções globais para estes desafios, desde logo, como é que se regeneram os ecossistemas com ASD e, ao mesmo tempo, se alimentam 8 mil milhões de pessoas?! Há que ter bem presente que, no período neolítico, havia somente 25 milhões de seres humanos. Em meu entender, a visão de Ernst Götsch sobre a horticultura é enganosa e, mesmo, perigosa, porque a produção hortícola, na sucessão que ele preconiza, não permite pagar custos. Prefiro, por isso, combinar modelos, como o da horticultura biointensiva, com o objetivo de ir alimentando as pessoas, e usar outros espaços de regeneração com ASD.

Em suma, há ainda muito a aprender em ASD, mas, em meu entender, a ASD não pode ser uma solução única para o problema da Humanidade que enunciei.

Quais as falhas, limitações e potencialidades do projeto nas seguintes vertentes:

- percepção monetária/económica (produtos têm melhor qualidade? Menor necessidade de água (menos rega?))

Na lógica económica ainda há muito a monitorizar.

Assim, e quanto à qualidade, os produtos obtidos através da ASD não têm melhor qualidade, no sentido que hoje se entende por qualidade. Por outras palavras, os produtos podem ter muito boa qualidade decorrente da sua energia vital, das características intrínsecas, mas essa qualidade não é valorizada hoje no mercado, pelo menos em dimensão.

Quanto à necessidade de água, a ASD exige menos água e menos recursos, mas até que ponto é que esse ganho é compensador face à dispersão de produtos?! À partida, num pomar, a eficiência é muito maior do que em ASD, mas ainda é cedo para tirar conclusões.

A bondade do modelo de Ernst Götsch não é fácil de detetar na economia atual. Atualmente, a economia só lida com as dinâmicas humanas, não incorpora a natureza, ou só a incorpora quando esta é deteriorada ou destruída. Porém, numa economia que incorpore o planeta (os limites de funcionamento do planeta são incorporados na economia através de um conceito jurídico internacional que ainda não existe), então será possível pensar em custo/benefício ou ganho/perda. Numa futura nova economia que incorpore a natureza como um bem que tem custo intrínseco, a ASD será certamente considerada muito rentável. Porém, estamos longe desse momento, porque para a economia atual só existe ganho e custo humanos.

Compreende-se a disrupção entre o modelo proposto por Ernst Götsch e a realidade em que vivemos: o seu modelo exige uma vocação e um preço que a maioria das pessoas não está preparada para pagar. Com efeito, o investimento inicial é enorme e o retorno inicial praticamente nulo, pelo que é muito difícil sobreviver... ademais porque não se sabe quando virá o retorno. E a pergunta surge: quem quer fazer este tipo de investimento? Mas a resposta que se dê tem de ter presente que, sem esse investimento, se perde o compromisso entre gerações, a ideia de justiça intergeracional. Porque é necessário plantar hoje árvores que de nada nos servirão, mas poderão ser muito úteis a quem vier depois de nós.

- mão-de-obra envolvida:

As contas têm de ser feitas numa escala temporal alargada, não ano a ano, como é hoje hábito fazer-se. As contas têm de ser feitas por décadas. Pagar mão-de-obra para criar uma ASD ou é uma visão de longo prazo (50 anos no mínimo) ou não se consegue encontrar qualquer racional económico: o que se gasta em mão-de-obra num ano não se recupera no ano seguinte, sequer em 5 anos.

Em meu entender, está por demonstrar que uma empresa possa, na primeira fase, só viver de hortícolas. Uma crítica que faço a Ernst Götsch é a de que ele está a contar parte de uma história, na verdade muito inspiradora, mas que não é realizável no contexto desta herdade. Há que estudar e testar muito melhor o modelo. Tenho muitas expectativas na minha cabeça, mas tenho também de perceber se se podem realizar ou não. E tudo porque, enquanto não se mudar a economia, a ASD vai ser uma luta contra o que está, contra a realidade.

- utilização de fertilizantes:

Estão a ser utilizadas árvores adobeiras e composto. São estes os recursos utilizados, nada de difícil gestão

- forma de lidar com pragas e doenças:

É preciso aprender com o sistema, com esses agentes a que chamamos pragas e doenças. Essa é a forma proposta pelo Ernst Götsch. Só que isso é uma aprendizagem ao longo da vida, uma aprendizagem incompatível com o agricultor que tem de prestar contas, e pagar salários no dia a seguir. E se quer sobreviver, uma empresa como a Herdade do Freixo do Meio não pode dar-se ao luxo de não pagar salários. Ora isso não é compatível com o ritmo de aprendizagem que as pragas e doenças nos podem dar. Aqui, na Herdade do Freixo do Meio, temos uma praga, matamo-la. Estamos inseridos numa economia que é como é, só valoriza as culturas e o seu ciclo anual. É totalmente errada, mas é a que existe...

- resposta do solo:

Magnífica!

- resposta dos ecossistemas:

Magnífica também!

Sente que o projeto melhorou a forma de relacionamento pessoal dos que nele trabalham, entre si e com a envolvente ambiental, no sentido de os fazer sentir que participam num projeto maior de regeneração dos ecossistemas e que podem, por intermédio do seu trabalho e experiência, ser exemplo para outros projetos que se venham a desenvolver?

Sinto! No geral todo o parágrafo é correto. Sinto verdadeiramente que a ASD é uma ferramenta formidável para o desenvolvimento humano. Tem uma visível componente ética, que envolve as pessoas e as faz pensar, e sentir que fazem parte de um projeto maior.

Ciente de que um projeto agroflorestal, como o iniciado na Herdade, leva anos a construir e a dar frutos e se funda na permanente novidade, porque parte da atenção ao comportamento das plantas, numa experimentação contínua, considera que os agricultores tradicionais, habituados ao montado, mais rotineiro nas técnicas e nos resultados, estão preparados para a resposta adequada? E sente que o mercado português tem capacidade de se adaptar à contínua mudança proposta pela agrofloresta de sucessão?

Acho que as pessoas não estão preparadas. Nenhum de nós está preparado. É um processo que se tem de praticar muitas vezes para que se possam adquirir rotinas. É uma questão de mudança cultural. Mas penso ser possível mudar, e é isso que estamos a tentar fazer na herdade.

Quanto à segunda parte da pergunta, entendo que o mercado é perfeitamente compatível, na medida em que os produtos de uma ASD podem ser integrados dinamicamente com os produtos de outras ASD e, se assim for, adquirem escala para o mercado. Se for só uma ASD e só tem uma loja, então é complicado. Pensando num mercado mais amplo, em que se pode vender um produto num mercado, e outro produto em outro mercado (comércio tradicional, restauração...), a ASD torna-se exequível

Se uma intempérie de dimensão gigantesca destruísse todas as espécies, de sequeiro e de regadio, voltaria a iniciar o projeto modelado por Ernst Götsch? Em caso afirmativo, mudaria o consórcio de espécies? Introduziria alterações no processo de rega? Ou, mais amplamente: mudaria alguma coisa?

Fazia de novo ASD, porque para entendermos o todo temos de entender o funcionamento do ecossistema e atuar de forma consentânea com esse funcionamento. E entendo que o modelo da ASD é o mais próximo do funcionamento da natureza. Aliás, quanto mais difícil se tornar, em razão de alterações climáticas, o nosso relacionamento com a envolvente natural, maior será a utilidade da ASD.

Quanto a eventuais mudanças, sim, mudaria para outras plantas. Temos de aprender com os erros cometidos, para que a destruição total não volte a ter lugar. Se a intempérie derrotou o que estava feito e voltávamos a fazer exatamente igual, uma nova intempérie poderia destruí-la outra vez.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo não consegue dar resposta a todas as interrogações colocadas na introdução, mas, por seu intermédio, pode concluir-se que a água tende a ser poupada, os fertilizantes tendem a ser prescindidos (uso inicial é suficiente) e a mão de obra tende a ser exigente (a maior exigência física pode, no entanto, ser compensada por menos e mais qualificada mão de obra, com recurso a inovação técnica).

Apesar disso, o estudo deixa pistas para novos projetos e trabalhos que poderão dar as respostas em falta, aprofundando e enriquecendo a compreensão do modelo agroflorestal de sucessão e demonstrando evidências. Nomeadamente no que diz respeito a um acompanhamento com recolhas de amostras de solo espaçadas no tempo, de ano a ano, para se poder concluir se a evolução de algumas das principais características do solo se mantinha com benefícios não só para este, bem como para as culturas intervenientes.

O estudo não permite concluir ser o modelo agroflorestal de sucessão da Herdade do Freixo do Meio um modelo de ganhos imediatos. Tão-pouco permite concluir por ausência desses ganhos ser um modelo a abandonar, porquanto, de um lado, mantém o desafio do retorno económico num prazo mais extenso, de outro, contem promessas de serviço ecológico e de resposta à economia real. Os indicadores estudados só poderão dar lugar a provas concretas com mais tempo de análise e estudos mais amplos.

A necessidade, reconhecida pela Europa, de encontrar soluções de serviço ecológico e de resposta à economia real pode ter neste estudo sobre a Herdade do Freixo do Meio, em Portugal, com o seu histórico de montado, uma inspiração (modelo agroflorestal de Ernst Götsch).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agenda Gotsch, [Consult. 20 jan 2020] Disponível em WWW: <URL: <https://agendagotsch.com/en/>>.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 56, FAO, Rome, 300p.

Altieri, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2**, 35-42.

Armengot L., Barbieri P., Andres C., Milz J., Schneider M. (2016). Cacao agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. *Agronomy of Sustainable Development* **36**, 70.

Asplund L., Björklund J. (2016). Agroforestry systems in Sweden. In Gosme M., eds. *3rd European Agroforestry Conference*, 2016. Montpellier, France: EURAF, 12-15.

Cardinael, R., Chevallier, T., Barthès, B.G., Saby N.P.A., Parent, T., Dupraz C., Bernoux M., Chenu C. (2015). Impact of alley cropping agroforestry on stocks, forms and spatial distribution of soil organic carbon – A case study in a Mediterranean context. *Geoderma*. **259-260**, 288-299.

Cardoso, J. (1974). *A Classificação dos Solos de Portugal - nova versão*. Boletim de Solos do S.R.O.A.,17: 14-46.

Carson, R. (1966). *Primavera Silenciosa*. Lisboa, Portugal: Editorial Pórtico.

Clough, Y., Barkmann, J., Juhrendt, J., Kessler, M., Wanger T.C., Anshary A., Buchori, D., Cicuzza, D., Darras, K., Putra, D.D., et al. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *PNAS* **108**, 8311-8316.

Coppens, F., Garnier, P., Findeling, A., Merckx, R., Recous, S. (2007). Decomposition of mulched versus incorporated crop residues: modelling with PASTIS clarifies interactions between residue quality and location. *Soil Biology & Biochemistry* **39**, 2339-2350.

Costa, D. (2013). *Novos paradigmas na gestão das explorações agrícolas: exemplos de Montemor-o-Novo*. PhD thesis, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

den Herder, M., Burgess, P.J., Mosquera-Losada, M.R., Herzog, F., Hartel, T., Upson, M., Viholainen, I. and Rosati, A. (2015). Preliminary stratification and quantification of agroforestry according to systems studied in WP2-WP5. *Preliminary stratification and quantification of agroforestry in Europe*.

den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, M.R., Palma, J.H.N., Sidiropoulou, A., Santiago Freijanes, J.J., Crous-Duran, J., Paulo, J., Tomé, M., Pantera, A., et al. (2016). Current extent and trends of agroforestry in EU27. *Deliverable Report*, 1.

EURAF, [Consult. 20 out. 2019] Disponível em WWW: <URL: <https://euraf.isa.utl.pt/about/agroforestry-europe>>.

- Fonseca, A. (2004). *O Montado no Alentejo: - Século XV a XVIII*. Lisboa, Portugal: Edições Colibri.
- Frank, N., Vityi, A. (2016). Shelterbelts in Hungary. In Gosme M., eds. *3rd European Agroforestry Conference*, 2016. Montpellier, France: EURAF, 5-7.
- Götsch, E. (1995). *O Renascer da Agricultura*. 1^a. Ed. Recife, Brasil: Centro Sabiá.
- Herdade do Freixo do Meio, [Consult. 10 nov. 2019] Disponível em WWW: <URL: <https://www.herdadedofreixodomeio.pt/>>.
- Herzog, F. (1998). Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems* **42**, 61-80.
- IHERA (Instituto De Hidráulica Engenharia Rural E Ambiente) – Nota Explicativa da Carta dos Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso Do Solo, Direcção De Serviços Dos Recursos Naturais E Aproveitamentos Hidroagrícolas, Divisão de Solos, Lisboa. (1999).
- Jordan, C.F. (2004). Organic farming and agroforestry: alley cropping for mulch production for organic farms of southeastern United States. *Agroforestry Systems* **61**, 79-90.
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems* **76**, 1-10.
- Kang, B.T. (1997). Alley cropping-soil productivity and nutrient recycling. *Forest Ecology and Management*, **91**, 75-82.
- Milz J. (2010). Producción de Naranja (*Citrus sinensis*) en Sistemas agroforestales sucesionales en Alto Beni, Bolivia—Estudio de caso. *Biodiversidad y Ecología en Bolivia*, 324–340.
- Montesinos-Navarro, A., Storer, I., Perez-Barrales, R. (2019). Benefits for nurse and facilitated plants emerge when interactions are considered along the entire life-span, *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **41**, 125483.
- Montgomery, D. R. (2012). *Dirt: The erosion of civilization*. California, USA: Univ of California Press.
- Nair, R. (1993), *An introduction to agroforestry*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Pasini, F.S. (2017). *A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Peneireiro, F. M. (1999). *Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: Um estudo de caso*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Pereira, L. S. (2004). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Lisboa, Portugal: Publicações Europa-América.
- Primavesi, A. (2002). *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. São Paulo, Brasil: Editora Nobel.

Rosa, S. (2017). *Herdade Freixo do Medio. Identificación, descripción, justificación y vinculación social, económica y ecológica de la explotación de una dehesa/montado en Montemor o novo. Portugal*. Relatório de estágio, CFMR Navalmoral de la mata, Cáceres, Espanha.

Santos J. (2016). Intensificação sustentável: um novo modelo tecnológico na agricultura. *Cultivar. Cadernos de Análise e Prospetivas* **3**: 13-21.

Schneider, M., Andres C., Trujillo, G., Alcon, F., Amurrios, P., Perez, E., Weibel, F., Milz, J., (2017). Cocoa and total system yields of organic and conventional agroforestry vs. monoculture systems in a long-term field trial in Bolivia. *Experimental Agriculture* **53**, 351–374.

Schulz J. (2011). Imitating natural ecosystems through successional agroforestry for the regeneration of degraded lands – a case study of smallholder agriculture in northeastern Brazil. *Agroforestry as a tool for landscape restoration*, 3-17.

Schulz, J., Weckenbrock, P. (2016). Complex agroforestry systems for Europe: Inspiration from successional agroforestry. In Gosme M., eds. *3rd European Agroforestry Conference*, 2016. Montpellier, France: EURAF, 95-97.

Sereke, F., Graves, A.R., Herzog, F. (2016). Drivers of swiss agroforestry it's not all about money. In Gosme M., eds. *3rd European Agroforestry Conference*, 2016. Montpellier, France: EURAF, 9-12.

Silva, P.V. (2002). *Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Teixeira, M. A. (2016). *Análise crítica e prospetiva da exploração agrícola Herdade do Pedrógão*. PhD thesis, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Vieira, D.L.M., Holl, K.D., Peneireiro, F.M. (2009). Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Restoration Ecology*, **17**, 451-459.

Youkhana, A., IDOL, T.W. (2009). Tree pruning mulch increases soil C and N in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. *Soil Biology & Biochemistry*, **41**, 2527-2534.

Zemp, C. D., Ehbrecht, M., Seidel, D., Ammer, C., Craven, D., Erkelenz, J., Irawan B., Sundawati L., Hölscher D., Kreft, H. (2019). Mixed-species tree plantings enhance structural complexity in oil palm plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **283**, 106564.

7. ANEXOS

Anexo nº1: Documento Excel com dados e cálculos da ETo: [\\Rega Évora-ETo .xlsx](#)